民國叢書

第二編

·88·

科學技術類

石雅

中國地質學發展小史

地質學小史

章鴻釗 著

章鴻釗 著

葉良輔 著

上海書店

地質學小史

葉良輔著

例言

一、本書乃將地質學發展之過程，作簡單之敍述。

一、本書體裁，大致乃以時代爲經，事實爲緯。

一、本書因地質學在我國之研究，尙不足二十年，時間過於短促，故祗在卷末略及之。

一、本書各參考書，均見卷末附錄；惟本書之主要根據，則爲基啓(A. Geikie)，武德華(Horace Woodward)及戚忒爾(K. A. von Zittel)三氏之著作。

地質學小史

目錄

地質學小史

第一章　初期之地史觀念

地質學在今日已成爲一種說明地球之成因，構造，及其本身與生物在過去之變遷之科學。關於此等變遷之事實則有岩石，礦物，及化石爲之記載，而所謂地殼，卽合此三者而成之固體也。地質學在十八世紀之末，始成爲科學。蓋知識本係漸次獲得，且有經過甚長時期，方可獲之者。此不但在地質學如是，卽在其他科學亦復如是也。

地面可以引起人類注意之事物，當然以自然現象爲最易。火山，地震，天空因火山灰屑彌漫變爲昏黑，溫泉，洪水，山崩，以及陸地之被海水沖毀，旣早使人類受有深刻之印像，於是地心熱力，地下潛水，災難循環，以及開闢毀滅時期等觀念，乃隨之產生。

拾取海灘或河床間之石卵爲工具，選擇砂礫間之黃金或寶石爲珍飾，採取黏土以製陶器，搬

集石塊以營居處，執持木棍掘土以興種植，此為遠古原人之生活也，其行動已在在與地質學有關矣。但地質學之成立，則為時極後，甚至在十九世紀中葉，歐人尚有因偶然發現巨大化石骨骼，而遂深信神話中所稱某種神獸為確然不誣者，如克拉根福（Klagenfurt）地方人民發一犀類頭骨，遂視為龍之遺蛻，並範銅為像，以示尊敬，即其例也。

古昔學者縱彼此之觀察相同，而其解說則往往不能一致，因之學說紛紜，各不相下，且彼時代之推論又未必為此時代所容納，而現象可以變動之程度愈大者，則臆說亦愈多。史料既甚稀少，即有論斷，而是非亦難證明，故祇有擱置以作懸案。此外又有好以妄想當作事實者，當其宣傳時所作之假說，固極動聽，終因正確事實常與錯誤理論混合為一，故一時頗難分曉，後以經學者不斷努力之結果，然後眞理大明，此為地質學由玄學進而為科學之過程也。

一　希臘羅馬時代之哲學家

在科學未昌以前，世人對於地質現象，往往好以神話說明之，如古希臘人對於坦泊河（Tempe）成因之說明，即其例也。坦泊河為有羣山環抱之帖撒利（Thessaly）平原風景之所在。古希

臘人謂此平原本爲澤國，海神波賽敦（Poseidon）乃鑿山開河，使積水得注於海。後人又有謂此河係有怪力之赫邱利（Hercules）所開成。至大歷史家希羅多德（Herodotus）時代，思想家對於此等現象之說明，雖漸以自然替代超自然，但希氏仍未敢直斥舊說之非。不過僅謂「坦泊河峽爲波賽敦所開，似屬可信。凡主張地震及山裂由神明司之者，必謂此爲波之功，以余觀之，此山顯因地震裂開也。」

地中海盆地人民之觀察自然界，實居於優越之位置。各種自然作用之活動既甚完備，自可就之以證明此種活動，乃自邃古以來，始終不息，積年累月，遂使海陸變形。地震爲災，乃地中海諸國之所飽嘗，而火山噴發，亦爲其人民所習見，蓋愛琴海與那不勒斯（Naples）爲地中海區域之二火山中心故也。益以氣候變遷複雜，舉凡與氣候有關之地質作用，遂因之而發達。自庇里尼斯（Pyrenees）以至高加索（Caucasus）一帶之火山與其山巔之雪地、冰川、雲霧、風雨等，均常爲嚴寒，狂風，暴雨，山崩等之成因。隆河（Rhone）波河（Po）臺伯河（Tiber）多腦河（Danube）之作用，學者已早有論列。尼羅河（Niles）每年必泛濫一次，乃其兩岸居民之所熟知。地中海沿岸

有內含介殼，及他種海洋生物化石之新生地層頗多。見者每謂陸地曾爲海水所浸。惟吾人若欲回顧古代學者對於地質現象之觀感，祇須自亞理斯多德（Aristotle）時代述起可矣。今將當時學者對於地質問題之見解，分述之如次：

（一）地下作用　希臘向多地震，前人謂係大氣向地球內部下降所致，亦有謂係地球內部之流質向外噴發所致，——尤以雨後爲然，亦有謂地震每發生於氣候乾燥之季，故大概係地球所含水分減少，山脈崩潰所致。亞理斯多德擯除舊見，謂地震乃因地球內部乾濕混和作用而起。地球本身乾燥，受有外來之雨水而生濕氣。外受日光，內感隱熱，因而風生；風易流動，與火合乃生焰，焰更易動，故地震之原因，非水非土，而實爲風。春秋兩季多風，故地震亦多。亞氏又謂地震往往繼續不斷，直至其風衝出地面始已，如在火山島所見者是也。故地震與火山爲兩相關連之現象也。

亞理斯多德在解說岩石，金屬，及礦物之成因時，謂地球內外有兩種蒸發作用：物質被燃燒而生乾燥之蒸發者，遂成礦物與岩石等不能溶解於水之物質；其生水氣之蒸發者，遂成可以熔化柔軟之金屬。提奧夫拉斯塔（Theophrastus）亞理斯多德之高足也，著有石譜（A Treatise on

Stone）一書，記述普通岩石及礦物之外狀，來源，及應用，實爲岩石學之嚆矢。

紀元初年，羅馬學者斯特拉波（Strabo）著有地理學（Geography）一書，於地形地理及政治地理等，記載頗詳，而於地震次數，地震所成之坑谷，及生命及城市之爲地震所毀壞等，亦有述及。是時維蘇威火山（Mount Vesuvius）乃在休靜中，斯氏從未見其活動；但斯氏觀察該山頂部之外形後，即斷定該山爲火山所成，並謂該山因地下燃料斷絕，所以熄滅。斯氏又嘗遊覽愛德納（Etna）火山，謂熔岩爲一種黑土，在口內爲流質，噴出流下山坡，冷卻凝固則成黑石。斯氏見地中海內諸島，頗爲注意，並推定其成因有二：（一）由於地震而斷裂者，距大陸不遠諸島屬之；（二）由於火山噴發而成者，孤踞海中諸島屬之。

羅馬哲學家辛尼加（Seneca）著有自然問題（Natural Questions）一書，記述天體，氣象諸端，并討論地震火山等問題，頗詳；但其見解，仍不脫前人之窠臼。辛尼加曾區別地震式之上下震動，與船行海中之左右搖動，並謂尙有第三種運動，如擺動是也。同時羅馬又有一學者名普里奈（Pliny the Elder）著有自然歷史（Natural History）一書，對於動、植、礦、地震、火山等，均有討

論。紀元前七十九年，維蘇威火山噴發，赫鳩婁尼恩（Herculaneun）與潘沛依（Pompeii）二城，塵灰密佈，天地昏黑，普里奈爲作科學討求之故，因與火山相接太近，以致殞命。

（二）地面作用　地面之變遷，以河流作用爲最顯著。希羅多德遊歷埃及時，見尼羅河乃大爲注意，謂河流每年在埃及境所堆積之淤土甚爲重要，並謂埃及爲尼羅河之所賜。柏拉圖（Plato）謂河流乃因地下溢出大量之水而成。亞理斯多德對於此說，頗加訕笑，以爲大氣中水氣，冷卻可凝結爲雨而下降，則地下水氣，亦同樣可以凝結爲水以成河源。又謂山岳溫度低下，而水氣易於凝結，故遂接受多量之水，而彷彿如一大海綿焉。亞氏以亞洲及地中海盆地之大小水系爲例證，謂最大河流乃爲由無數溝壑所積之水，自最高之地下降而成。又謂地下似有潛湖，而河流卽由此發源，地下有潛水道，則地面之水，乃倐然不見。斯特拉波謂地中海及博斯福魯（Bosporus）因儲水過多，乃溢爲河。又謂如蘇彝士土腰一旦斷裂或下降，則地中海可與紅海相聯絡。

（三）舊時地質變遷之明證　地中海盆地各處有含化石甚富之向上升起之新地層，位於

低陸之下，及露於山坡之間，故其引起居民之注意，業已由來甚久，而希臘文學中亦常引及之，並因此推定有許多地方，曾爲海底。古代學者討論地面之變遷，以亞理斯多德，最富於哲理，其滄桑之說，極似近人口吻。亞氏略謂今日之海，古昔之陸也，今日之陸，亦能重淪爲海，交互變換，似按一定之時序，故地球之內部，正如植動物身軀之有壯衰之分，特有機體之生死，乃爲身軀之全體，而地球所受之影響，則僅以局部爲限，此其相異之點耳。夫地面變遷所以不能爲我人察覺者，則因我人生命過短，而地球每次所生之變遷，則爲期極長故也。

羅馬詩人奥維得（Ovid）在所著變化（Metamorphoses）中，載有畢達哥拉斯（Pythagoras）關於自然系（system of nature）所作之見解。惟畢氏理論均係他人轉述，恐不必盡爲廬山眞面目，況所引證之事實，有爲距畢氏死後甚久所發生者，故我人祇可視之爲畢氏一派之思想而已。畢氏謂世界爲合四元素而成之無始無終之物體，空氣與火位於上，水與土位於下。此種物體祇有形式改變，而無死亡。生也變之始，死也變之末。惟不問如何改變，而物體之總和如故。茲將畢氏所舉地面變遷之實例，任引若干於次：

昔時陸地，今爲海水淹沒，新陸地乃由深海露出。海中介殼有見於內陸遠處者，鐵錨則見於某地之山頂。

昔時平原爲逝水刻成谷地，而高山即因此被水沖洗入海。

河流因地震而有生滅。

島嶼一旦可與大陸連結，而整塊陸地，亦能分離以成島嶼。

愛德納火山今日雖如硫爐噴發，然在昔日必有靜止之時，並非燃焚不息之邱。地球是否爲能生活且有許多孔竅噴火焰之動物；或爲挾有石塊及火焰以爆發，迨洞窟空虛冷卻始止之閉於地下的風；或爲遇火燃燒，迨火勢漸殺，則作黃硫煙之某種瀝青塊狀物，皆可不問。惟其內部之火，終因燃料用盡，而有熄滅之一日。

二　中古時代之地質學

中古時代宗教勢盛，道院風行，科學退步。惟阿拉伯人之繼續研究希臘羅馬哲學者尚有其人。在地質方面，則以繙譯亞理斯多德哲學之亞微瑟那 (Avicenna) 爲著名。亞氏謂山岳之成因，大

概有二（一）陸地上升，如地震區域所發生者是也；（二）軟岩石因風雨之剝削以成深谷，而堅岩石乃存而爲山岳，而多數之山岳，卽係如此成功。惟此種變遷，亦須經過長久之時期，始可實現。今日山岳之形狀，大概爲縮小。水爲使山岳表面有變遷之主要原因，此我人可以留於許多岩石間之水棲動物及他種動物爲證明者。包被山岳表面之黃色土，與其下層岩石不同源，蓋前者爲腐爛有機殘質與水沖來之土質混合而成也。此等物質，大概本係存於舊時淹沒陸地之海中。

是時道院中人亦有注意於化石之起源者，但不敢逕謂陸地曾被海水所淹沒。蓋聖經中言至創造之第三日，遂海陸相分，至第五日始有生物也。總之，在此時代，地質學因思想方面極少自由，故鮮有進境。

三　十五十六世紀之地質學

十五世紀中葉印刷術發明，此時人類智識之發育，雖未必超越前代，但學問之研究，已較爲活動。當時學者所記載之事實，固仍難免眞僞不分，且亦有作可笑之假設者，惟其能附以整個而又明敏之解說者，尙不乏人。

意大利藝術家文西（Leonardo da Vinci, 1452—1519）認化石為生於當地水中之生物遺蛻，此卽海陸變遷關係之明證。法拉斯加都羅（Frascatoro, 1483—1553）亦持同樣之見解，並駁斥介殼係聖經中所述之洪水時代所遺留之荒謬。

當時歐洲各處發見化石甚多，其形狀與現在生物大異，故區別極易。博物學者或謂爲此乃天生玩物由一種成石液所成；或謂爲洪水時代生物之遺蛻。三百年來爭論未決之懸案，至此始稍有眉目矣。

阿格里柯拉（George Agricola 1494—1555）薩克遜人，本名包厄(George Bauer）爲十六紀世最有名之科學家，懷爾耐（Werner）稱之爲「冶金學之父」（father of metallurgy）阿氏對於結晶形，劈開，硬度，重量，顏色，光澤等所作之觀察，可爲後人描寫礦物之模範。阿氏在其偉著金屬礦（De re metallica）中，表明尋礦杖（divining rod）在尋礦石時之功用。

一五六五年瑞士人格斯訥(Konrad Gesner, 1516—1565)有關於化石之著作發表，此書爲對於化石作有記述及附有插圖之最初的著作。

一八五〇年法人巴里舍（Bernard Palissy）發表一文，主張介殼魚類等之化石，爲舊時海中生物之遺蛻。

對於地層作有系統之觀察者，當以奧文（George Owen）爲嚆矢，奧氏於一五七〇年著有潘姆白落克邑（Pembrokeshire）之地史。但遲至一五九六年始發表。學者對於此文，頗爲稱許，以其能知岩石之聚集並非雜亂無章，實爲井然有序，且又分布甚廣故也。奧文不僅在潘姆白落克邑南部探求石炭紀石灰岩及附近之含煤層，且東行遠及葛拉茅根邑（Glamorganshire）一帶。

四　十七世紀之地質學

斯退諾（Nicolaus Steno, 1638—1686）生於哥本哈根（Copenhagen）曾在來丁（Leyden）及巴黎習醫，後任帕雕亞（Padua）大學之解剖學教授，嗣因研究化石魚齒，乃攻地質學。一六六九年斯氏在佛羅棱薩（Florence）將其研究結果刊行，大意謂岩層自下而上，自有時代新舊意義；化石可證明舊時海水之分佈；地層傾斜，係由於地下有物質向外噴發所致。關於年代之事實有六：（一）陸地完全沉沒於海，因此乃有地層之堆積，但不含化石；（二）陸地升出海

面成爲乾平原；（三）地面斷裂爲山岳，巉崖，邱陵等；（四）陸地又沉沒於海，此大概係地球重力中心變動所致；（五）陸地又露出水面而成廣大之平原，此顯因大河及無數激流每日將自陸上所挾之泥沙墊入海中，使海岸日益加廣，以成新陸而成；（六）高起之平原因有流水侵蝕，及地下火力作用，乃變爲溝谷及懸巖。

立斯德（Martin Lister, 1638—1712）爲英國皇家學會會員，一六八四年在會中建議編製一種新地圖，附以砂及黏土表，如英國北部所產者是也。立氏以爲各種地層之分佈，可以在地圖上表明之。立氏雖爲自然科學家，但以介殼學家著稱。

胡克（Robert Hooke, 1635—1703）爲英國皇家學會實驗部管理員，著有地震論（Discourses of Earthquakes）一文，於一六八八年提出；以後仍有此類文字發表，胡氏地震論包括有地震，火山，陸地升降，及其他地質事實。胡氏謂化石確爲有機體所成，在古物中，較泉幣尤爲名符其實。胡氏以爲我人利用化石以審定年代，雖頗困難，然絕非不可能之事。胡氏以雪杯（Sheppey）地方所得大龜一類之兩棲類化石爲根據，以斷定當時氣候之炎熱，又謂地軸迴轉之變動，乃爲氣

候變化之原因。

白洛德(Robert Plot, 1640—1690)爲牛津愛許廓林博物院(Ashmolean Museum)第一任院長所撰牛津邑之自然史(The Natural History of Oxfordshire)於一六七七年發表，書中有化石圖三百。雷特(Edward Lhuyd)爲白氏之後任，對於化石亦極有研究，一六九九年以拉丁寫成一文，對於院中所藏之千種化石，記述頗爲詳盡。

英人吳特瓦特(John Woodward, 1665—1776)爲格拉襄(Gresham)大學教授，一六九五年有地球自然歷史論(Essay toward a Natural History of the Earth)發表，至一七〇二年再版。我人試讀次之摘錄，可見吳氏研究之有系統。

「凡遇大洞穴，鑿井掘土，探礦諸事，余必將其由地面以迄井底之情形，詳細詢問，並將其土壤，岩石，金屬等一一記之，並編成問題，寄與遠近諸邦之友人。結果他處同樣事物之一切情形，有與吾人在本邦所見者相似。岩石之在各國，均可分爲層次，地層間有平行裂縫，及岩石內有無數介殼，及其他海中生物，此不獨在歐洲爲然，即在非洲亦然，在亞美等洲亦莫不然。」吾人能有地面構造各

處一律之知識實以此種觀察爲其基礎。吳氏謂海中生物遺蛻，乃原存於海中者也，今則地中及地面上（卽山岳谷地，及平原間）均無不有之。然吳氏仍囿於聖經中所述洪水之舊見，故以爲地球會爲洪水所分解。一七二七年吳氏設吳特瓦特化石研究講座於劍橋大學，其規定爲任該講座者須未成婚，庶可悉心研究。第一次任此講座者爲塞治尉克（Adam Sedgwick）時爲一七三一年也。

德國大數學家來布尼玆（Leibnitz, 1646—1716）謂岩石可分水成與火成兩種，前者爲洪水作用所成，後者由溶液凝固而成。又謂地殼冷後，水氣凝爲海洋，及地殼分裂，水乃滲入地下空隙，起有破裂作用，終則使各種岩層爲沉澱物。

五　十八世紀之地質學

十八世紀初，施特楷（John Strachey）對於英國索美塞得（Somerset）地方之含煤層，頗爲注意，其所作之觀察，由英國皇家學會於一七一九年及一七二五年發表。斯氏見紅土平疊於傾斜之煤層之上，而紅土之上，又有泥灰岩，石灰岩（屬 Lias）鮞石（oölites）及白堊成層。

雷沚 (Johann Gottlob Lehmann, —1767) 德人，曾在柏林授礦物學及採礦學。一七五六年雷氏見有不含化石而最可稱原始之地層，及含有化石之次生地層之分布。雷氏又記述薩克遜地方之岩石，而定有某某名稱，今皆二疊系中之著名區分也。

阿提尼奴（Arduino, 1713—1795）意大利人，曾在威尼斯（Venice）任礦物學教授等職，一七五九年區別一種新第三紀地層，並認定一種綠色細質之岩石爲火山岩所成。

十八世紀中葉，法人羅愛爾（Rouelle, 1703—1770）見巴黎盆地化石之分布頗爲規則，乃分別地層有新舊二種，而位於二者間者，乃爲煤層。

英國地形學家與古物學家對於化石之研究，素來頗有興趣，如李蘭（Leland）在一八三五年時，即注意於開山（Keyshan）之菊花石是。

一七二一年意大利人華里斯耐里（Antonio Vallisnieri）在佛羅納（Verona）附近之玻爾卡山（Monte Bolca）地方採得魚化石甚多，並作有記述。後來阿伽西（Agassiz）所研究一百三十種之魚化石，亦得之於該處。

一七三五年瑞典博物學家林娜(Carl Linnaeus, 1707—1778)之名著自然系統(Systema Naturae)發表。此書不獨將植動物區別詳細，且又按結晶之形狀而將礦物歸類。惟林氏之主要工作，則爲將各種生物作有系統的分類法，而以屬名種名稱述之，卽所謂雙名制(binomial system)是也。近代古生物學之學名，乃依據此書第十版所用之雙名制而成。

倍封(Buffon, 1707—1788)爲法國科學界之先進，初專攻物理學與數學，後則漸將其研究擴及自然界全體。倍氏不但對於地質學之成立有貢獻，又爲使法國能位於科學先進國之列之中心人物。著有自然歷史(Natural History)一書，其緒論爲闡揚大地之理論，此書在一七四四年卽告竣，但遲至一七四九年始發表。大意謂地球之歷史與太陽系有密切之關係；行星原爲太陽體之一部分，因爲彗星所衝動，乃以分離。倍氏因見岩石間化石介殼之衆多，乃深信陸地爲海水所淹沒甚久。倍氏對於海底如何升爲陸地，則猶無定見。三十年後，有自然期(Epoques de la Nature)發表，書中分地球之歷史爲六期，幷設法計算地球之年齡，結果雖不足信，但其努力，則殊可欽仰也。

郭塔特（Jean E'tienne Guettard, 1715—1786）少時喜研究自然科學，尤以對於植物學興趣最濃，後在巴黎研究醫學，後又隨奧爾良侯（Duke of Orleans）旅行各處，並爲奧侯管理所採集之自然科學標本。一七三四年被選爲巴黎科學院會員。郭氏在外旅行時，因見植物之分布，常與某種礦物及岩石之分布同，乃於地質學漸知注意。經長時之觀察，乃知岩石及礦物之分布，有一定方向與寬窄，故地面無露頭時，可按其方向與寬窄，以斷定其去向與有無。一七四六年著有礦物圖誌（Mémoir et Carte Mineralogique）。按礦物分布以繪圖，英人立斯德早經有此種建議；但郭氏則未之知也。郭氏因研究法國北部與中部之地質，乃發現此等地方之岩石礦物係成若干帶，而均以巴黎爲其中心。郭氏名居中之橢圓區域，爲沙礫帶；圍繞其外者，則爲泥灰石帶，偶有化石發現，圍繞泥灰石帶之外者爲片岩帶，凡採取地瀝青、硫磺、大理石、花崗岩等之礦坑均在焉。郭氏復據他人報告，將法國北部礦物之分布補記圖內。凡有礦物之地，用化學或其他符號記入之，再以墨色深淺，表明巴黎盆地之界限與位置。

法國岩礦圖完成後，郭氏因上列三帶，被英國海峽與渡佛海峽（Strait of Dover）截斷，乃

推斷同樣地層必出露於英國海岸，於是遂參考英人曲得來(Childrey)英國天產珍奇（Britannia Baconica）及彼特（Gerard Boate）愛爾蘭自然歷史（Ireland's Naturall Historie）諸書，果證明其假定之大致無誤。

郭氏礦物圖誌中有圖二幅，縮尺較小，凡歐洲西部之岩石及礦物，均莫不載入，復經長時期之努力，以完成法國礦物調查圖十六幅；後摩耐（Mounet）繼之，卒將礦物圖十六幅附以說明一大册，而於一七八〇年發表，書名郭塔特摩耐奉勅撰法蘭西礦物圖誌（Atlas et Description Mineralogiques de la France, enterepris par order du Roi par M. M. Guetlard et Mounet）。郭氏礦物圖上，作有特別符號記載化石；化石之散處者，與成整塊之岩石者，其記載亦有分別。一七六五年著有化石貝類之遭遇與今日海中生存貝類之經歷相比較(On the accidents that have been fallen on fossil shells compared with those which are found to happen to shells now living in the sea）對於化石之成因，猶不憚據理深論；蓋當時尚有人深信化石爲地球構造中原有之產物故也。

地形變遷之研究，今稱地文學，郭氏於此，亦貢獻頗多。著有現代山岳受大雨河流海水之影響而低減（On the degradation of mountains effected in our times by heavy rains, river and the sea）一文，郭氏以爲流水有沖刷陸地之作用，而海水之摧毀陸地勢力尤爲猛烈。法國西北部之白堊岩，即大部分已爲海水沖去之舊時山脈遺跡，又謂陸地因受波浪雨水山洪等之侵蝕而以消磨，但其除去之物質，並未毀滅，非在陸地即在沿海爲沉澱。又謂各河流盆地之碎岩，有彼此絕不相同者，故碎岩有轉運至與其故地之岩石絕不相同之區域者。又謂流水將可溶物質運至離去陸地甚遠之地而入於海，仍能存留甚久，而使海水之鹽度增加。郭氏根據當時測量海深之結果，謂海底之所被覆，以砂土爲最多，至於此種沙土之來源，則大概非爲河流所運之碎岩；而爲海水消磨海中之岩石所成；但郭氏又以爲海水運動之勢力雖浩大，其能力祇能及於露出海面之岩石；最大風暴之影響，祇及海面入水不甚深之部分。至於海底沙土中所存之貝殼則爲近代之遺物，蓋遠古時所存者早已絕跡矣。

郭氏又爲鑑定法國中部火山之第一人。一七五二年郭氏著有「法國一部分山脈曾爲火山」

(Memoir on certain mountains in France which have once been volcanoes) 一文，十八年後又著有「古今之玄武岩」(On the basalt of the ancients and moderns) 一文，闡於玄武岩之成因，學者多以爲係火山噴發而成，但郭氏則以爲玄武岩之柱狀構造，有爲現代火山中未曾見者，故謂爲係一種水成岩，此則未免錯誤耳。

法國中部古火山，爲郭氏發見後，而玄武岩成因之論戰，卽隨之而更盛，但後來解決此辯論之證據，亦在該處得之。此我人觀於以下所述，卽可見之者。

特馬來斯 (Nicholars Desmarest, 1725—1815) 爲法國素萊 (Soulaines) 人，少時家貧，年已十五歲，尚未入校讀書；父故後，監護人因教區牧師之慫恿，乃令其入校，但不久款卽無出，教師見其進步極速，乃使其爲免費生，畢業後又將其送往巴黎求深造。特氏作苦學生十年，其唯一之消遣及安慰，乃爲研究學問。一七五二年特氏獲亞眠 (Amiens) 學會關於英法在古時是否相連一題之獎金，此後遂聲譽日隆；至一七五七年法政府乃任特氏爲工業總管，至一七六三年特氏遊法國中部之奧汾涅 (Auvergne) 並往來於伏爾維克 (Volvic) 與多耳山 (Mount Dore) 間，

時去郭氏火山論文之發表僅十一年也。特氏對於玄武岩之柱狀構造，頗注意，故親往愛爾蘭北部之巨人棧道（Giants Causway）參觀，藉資研究，而此項岩石即為該地之風景之所在也。

阿格里柯拉曾言及德國各處有此種暗色柱狀岩石，而薩克遜之玄武岩則隆起成丘。後學者發現此項岩石在德國分布甚廣，除薩克遜外，西來西亞（Silesia）加塞爾（Cassel）及萊因河（Rhine）流域等處亦皆有之，但多零散覆於山巔，而無火山噴發之證明也。加之德國之玄武岩，又較與汾湼火山岩為古，其流錐形噴口火山灰等，均早已消滅無存。即愛爾蘭巨人棧道之玄武岩，雖將其特質的構造，作大規模的表現，但其成因為何，則無人研究及此。蘇格蘭西島（Western Islands）之玄武岩，較愛爾蘭沿海者尤為雄偉，但當時學者尚未知之，及至一七六一年始有人向皇家學會報告該地之有此物。當時世人對於玄武岩之成因，多以臆說出之，故遂有許多不科學的說明。或謂玄武岩之柱體為舊時有節之竹變成，或謂其狀如結晶體之柱面，故礦物學家即視之為一種黑色電氣石。郭塔特則示我人以玄武岩與熔岩之不同。

一七六三年特馬來斯遊歷與汾湼，由克萊孟（Clermont）至璧衣特杜姆（Puy de Dome）

攀登柏呂台爾（Prudelle）高原，見有柱狀玄武岩，由上層所覆熔岩層沿邊而下，而熔岩壁前，則有同樣之柱體矗立，始知此等柱體，乃植於火山灰及燃燒土之上，其下則爲成該區基礎岩石之古花崗岩。特氏謂不佞自壁衣特杜姆歸來時，循黑色岩石薄層而行，乃察見此種岩石具有熔岩之特質，不但性質薄弱，且其下之火山灰，則由舊時顯爲火山之小山基部以覆於花崗岩之上，遂知眞正熔岩流曾由附近火山噴發來此。因有此種觀念，不佞遂追尋熔岩之範圍，乃於同層中又發見柱體之面與角，而在頂部，則柱柱分明，因此不佞遂深信柱狀玄武岩乃屬於火山岩，其形狀之有一定而無變異，則爲古時熔化時期之結果。不佞於是希望更有所見以知此種現象之眞正性質，及其與在安特利姆（Antrim）所見者之符合——卽尙有他方面可以相類之符合。特氏又謂不佞因屢次所見相同，故以爲奧汾湼之柱體，乃與安特利姆同一成因，益無疑義。柱體形狀有一定，乃因兩地之成因亦相同。當不佞鑒定造成奧汾湼柱體之原料乃與造成巨人棧道者相同時，對於此種見解，尤爲深信不疑。故特氏藉比論之助，見愛爾蘭沿岸柱狀削壁，卽知其地在古時之爲火山，乃與奧汾湼無異，並推定凡有此類多邊柱體之地，則爲該地古時有火山之明證。因此理論地質學與實用地質

學又進一步。特氏不但將郭塔特所發現法國中部古時曾有活動火山證實，且又獲得材料以爲歐洲許多地方某某怪石之成因之說明。觀此可知古時全球火山之活動本極普遍，而今則沒沒無聞也。特氏之觀察，延至一七六五年，始在巴黎科學院宣讀，但猶不願以之刋行，翌年重訪意大利諸火山後，又遊奧汾涅。一七六九年又往法國中部火山區旅行，並展至甘太爾（Cantal）地方觀察。至一七七四年巴黎科學院乃將其名著在專報中發表此項專報，計分三部；一二兩部先出，第三部則於三載後始出。

第一部述其本人在奧汾涅及他處對於玄武岩性質之觀察。惟其末段中謂花崗岩受燃燒溶化，能變爲玄武岩，及其他火成岩，則見解頗有錯誤，而當時化學之不足以區別岩石及礦物成分之異同亦可知矣。第二部爲玄武岩之學說史，凡在特氏前學者對於玄武岩之學說均載有之。郭氏謂各種熔岩流情形之殊異，當係受蝕侵所致；分散零落之玄武岩層，舊時必連續成層，而不分離也。火山區域山谷之愈深者，則被侵蝕之熔岩流亦愈古。

第三部於一七七七年出版，對於古代之玄武岩及各種岩石之自然歷史，均有討論，並按時期

之新舊位置之上下，而分玄武岩爲三期。總之，使火山學與地文學有極大之進步，乃爲特氏之功也。

一七五〇年，歐洲西部地震頗多，英國皇家學會搜集各家之觀察，印爲論文。司徒克來（William Stukeley）著有地震哲學（The Philosophy of Earthquakes, Natural and Religious）一書，以爲電力乃地震之原因。

密昔爾（Rev. John Michell, 1724—1793）本爲牧師，後任劍橋大學之地質學教授，其所著關於地震之文字，對於地層之變動及斷裂，頗有相當之貢獻。

與德人雷茫同時而於地質學之研究，據有更高之位置者，則爲德人非虛賽爾（G. C. Füchsel）非氏幼時在耶那（Jena）及來布齊（Leipzig）大學肄業，後在路佗爾斯塔特（Rudolstadt）行醫，喜留心岩石礦物等學，曾因發見歐福特（Erfurt）附近繆爾坡（Mühlberg）地方之煤層，而獲得獎金。一七六二年，非氏年四十，有海陸史（Historia terræ et maris ex historia Thuringiae per montium descriptionem erecta）一文發表。此文根據於土林其亞山脈（Mountains of Thuringia）之觀察，用拉丁文寫成，爲當時記述地球歷史及實際構造之名著，

內附地圖一及剖面圖若干。逾十二年，又以德文著成遠古地球與人類史綱（Entwurf zur altesten Erd und Menschengeschichte）一書。非氏生長土林其亞，所有見解，皆基於當地之觀察。該處有二疊紀與三疊紀之地層，因變動而有傾斜，已非原有狀態，其下則有變動更劇之更古地層，兩者成為不整合之關係。非氏因此作有概括之結論云，現在大部分陸地，係由舊時海中沉澱而成之地層所組成，如砂石，泥灰岩，石灰岩等是，其下較古而又傾斜之岩石，則為由海相岩石所造成之更古的大陸之遺跡，而其顛倒傾覆，則係地震有以致之。非氏不但說明各地層之成因，且又推斷成分相同之連續岩層可合為一系，以為大地歷史某時期之記錄。故非氏此種學說，實較在壞納（Werner）所創之系統中佔有重要地位之學說為先也。非氏對於化石，亦有相當之觀察；如煤層可以陸相化石區別之；二疊紀之地層中則有石壘，三疊紀之地層中則有菊花石化石。惜非氏之著作，乃以拉丁寫成，而本人足跡所及，又以其故土為限，故其學說遂湮沒不彰，死後五十七年，始由開弗斯丹恩（C. Keferstein）代為表揚之。

索緒耳（H. B. de Saussure, 1740—1799）生於瑞士之日內瓦（Geneva），幼時好遊

覽，喜採集植物礦物，足跡遍阿爾卑斯（Alps）之山麓，著有阿爾卑斯山旅行錄（Vayages dans les Alps）一七七九年印行。惟索氏對於山脈構造，以及岩石成因，猶多囿於舊聞，無甚新見，且未能如雷芘等之製地質圖及剖面圖，故其見解，亦未能作明白之表示。索氏因欲研究花崗岩是否能溶解而為玄武岩，故作熔燒岩石之實驗，據稱所熔化瑞士花崗岩及各種斑岩等，從未能得玄武岩也。索氏之著作，在第一次出版時（一七七九年），卽名地質學（Geology），故實為應用「地質學」一名稱者之第一人。

拉克（Jean Andie de Luc, 1727—1817）為旅行家，善觀察自然界之變遷。其著作於一七七八年刊印時，卽擬用地質學一名，嗣因以前未曾有人用過，乃沿用宇宙學（Cosmology）舊名。但至翌年再版時，乃改用「地質學」一名。

第二章　樹立地質科學之基礎者

地質學在十八世紀最後之二十五年中，始成爲一種科學。休厄爾（Whewell）稱以前爲地質學之穉史時代（the fabulous period），因以前所謂地質學多爲記載事實，而其觀察與解釋，又恆與淺陋荒謬之假定相混淆故也。

自一七九〇年至一八二〇年之時期，即戚忒爾（Zittel）所稱之「地質學之偉大時代」（the heroic age of geology）是也。地質學在此際因懷納（Werner）郝登（Hutton）及斯密史（W. Smith）諸氏之貢獻，乃成眞正之科學，又因有拉馬克(Lamarck)屈費兒(Cuvier)諸氏之努力，而此科學之基礎，乃更爲永固。

懷納（A. G. Werner, 1750—1817）爲薩克遜人，生於上路塞俠（Upper Lusatia）奎斯（Queiss）河畔之望洛（Wehlau）地方，其先人在該處從事鐵業者已有三百年之久，父爲鑄造廠監查，懷氏幼時即受父教，而幾認識一切礦物，年十歲肄業於西來西亞(Silesia)之彭斯洛

（Bunzlau）至十五歲時，遂爲其父之助理後又充望洛冶鍊廠之主計員，至一七六九年，乃肄業於弗賴坡（Freiberg）之礦務學校嗣又肄業於來布齊（Leipzig）。一七七五年充弗賴坡教授，任職凡四十年之久。平生著作不多，但長於辭令，專恃演講傳其心得，故四方之士皆歸之。懷氏能將所有礦物，依其外表同異，詳細分類，以作審定，然後研究其分布及產生各該礦物之岩石。是時地質學一名尙未通用，懷氏名此學爲「地球構造學」（geognosy）。

懷納又將地殼排成「層系」，各附記述，意謂此種層系之次序性質，全球如一。散布各處之懷氏門徒，卽應用此種層次，以解釋地層之分布。雖彼等多以不務空論，祇重實際自誇，然我人詳究懷氏之方法與應用，乃知其無根據之假設，亦頗不少，應舉之證據，每付缺如，且立辭又多涉武斷，毋怪其爲後人所譏笑也。懷納最初所著關於地殼構造及岩石層次之論文，祇有二十八頁，於一七八七年出版，內容純記事實而無理論，但極精確而有秩序。後因經驗豐富，系統亦有擴充及改動，但其基本觀念，則無變動。惟此等改動，祇見於其門人之筆記中，而在本人之著作中，則未載入。懷氏所謂全球如一之地層系統，乃以薩克遜一偶所見爲根據。懷納沿用舊時見解，假定地球在舊時全爲海洋

所包，其深度至少可與山岳之高度同。構成今日許多陸地之岩石，即爲海中化學沉澱物聚集而成。故其層序，全球一例。懷氏又謂此種岩石乃由化學作用所造成名「原始層」包括有花崗岩，片麻岩，雲母片岩，蛇紋岩，玄武岩，斑岩等，最後爲正長岩；繼續其上者，名「過度層」包括有化學沉澱物，如粗砂岩及石灰岩等，及初期之碎屑，此層即表明海面之日漸低落；更新者名「成岩層」，除化學沉澱物之外，以碎屑爲主，包括有砂岩，石灰岩，石膏岩，鹽，煤層，玄武岩，里曜岩，斑岩等，最後者則爲「冲積層」包括有壚坶土，黏土，砂礫，火山灰，泥炭等。惟是時化學已有進步，海水中是否可由化學作用以沉澱如許之物質，懷納反極不以爲意，是則殊爲可異耳。

懷納明知各岩層之化石，形狀不同，位置上下有一定，故可就化石種類以鑑定層位，但又謂化石亦可在海水中由化學作用沉澱而成。懷氏主張火山係地下煤層燃燒而成，玄武岩並非火山所成，但爲與原始層無異之水成岩，故懷納一派之學者，又稱水成學者（Neptunists）。當時反對玄武岩爲水成岩之論戰頗烈，懷納初有聲辯，旋即置諸不問。

總之，懷納性情固然剛愎，但對於礦物學及地層學，則貢獻頗多，且又能熱心研究，循循善誘，故

確爲地質學之功臣也。

當地質學問題論戰正盛，及懷納之門徒在各處闡揚水成學說之際，郝登（Janes Hutton, 1726—1797）則在蘇格蘭取沉靜態度，銳意研究，以建立近代地質學之基本原理。郝氏生於愛丁堡，幼習化學與藥物學，後在諾福克（Norfolk）務農時，乃涉獵於礦物學及地質學。至一七六八年遂棄其鄉村生活，而移居愛丁堡。與郝氏爲友者，有化學家勃萊克(Joseph Black)，海軍家克萊克(John Clerk of Eldon) 哲學家兼史學家福開森（Adam Ferguson），數學家柏勒弗亞（John Playfair,1748—1819）等。處此種科學空氣濃厚之環境中，郝登研究益力，並與諸友互相切磋，因而學業愈進。除於平時所注意之愛丁堡四周地質現象外，又考察蘇格蘭其他地方，及英格蘭威爾斯等處，繼又研究地球歷史者，約三十年。惟郝登既不如布盧（von Buch）之擅長文字，又不若懷納之有徒衆爲之宣傳，而卒能位於近世大地質學者之林者，祇恃一篇論文，及兩位知友，與若干門徒之爲其表揚而已。

一七八五年郝登將所著地球論（Theory of Earth）一文，在愛丁堡皇家學會中宣讀，全

文有九十六頁，最初頗無人注意。五年後拉克（de Luc）乃著論攻擊，郝登置之不理。一七九三年礦物家兼化學家溪溫（Richard Kirwan），復加攻擊，郝登始將所觀察之事實，加以整理，作有結論，而於一七九五年在皇家學會中發表。惟郝登對於著作，素非所長，故其內容之佈置與敍述，均不足引起讀者興味。幸有知友柏勒弗亞與之相處甚久，熟曉其所持之地質學見解，故在郝登死後之第五年（一八〇二年），乃著有郝氏地球論之說明（Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth）一書。全書敍述之簡明，文章之美妙，均為後之讀者所稱許。

郝登以徵求事實為前提，使事實現象自述其原因，此為郝登與以前玄學家最不同之點。郝登謂地球過去之歷史，須由現在或近今所經之事實解釋之。當郝氏在諾福克務農時，已知地面不能永遠有現在之狀態。土壤下層之舊狀，乃與近今迥殊；岩石有成層狀者，有由礫岩組成者，又有由砂岩，或頁岩，或灰岩組成者，惟其性質雖云異殊，但為舊時岩石碎屑之所組成則一。郝氏謂此等岩層，乃與今日海中所作之堆積相當。礫石不過固結之石卵，砂岩即硬性之砂子，石灰岩即大部分由海中石灰質有機體積聚而成，頁岩不過泥土之固結者而已。郝氏之結論為大部分之陸地，係合古時

大陸受侵蝕所成之石屑在海底分布固結而成；故因此而成立之岩石，其時代決非同一者也。郝登又謂原始岩層，未必卽為原有或最初成立之岩層，不過為我人所見之最古者耳。懷納所謂化學沉澱而成之片岩板岩，在郝登視之，不過為從前在海中積成之岩石，因經過變化，乃愈堅硬。次生岩層積於其上者，其原料之一部分，亦由原始層而來，但所有沉澱物，均由此時軟弱之狀態而變為堅固之岩石；至於此種變成堅固之主因，則為地下之熱力。

次為地層變換位置之問題。郝登對於在海中沉澱而成之岩石，如何能發現於高出海面一萬五千呎之山頂一問題所持之見解，乃與懷納迥異。郝登見多數水成層失去其原有平疊之位置，而變為傾斜，甚或摺曲斷裂，以為如此之變換，必為發生有大震動所致。柏立克邑（Berwickshire）沿海之原始層，均已變為直立，上覆以次生岩層，其中有原始層之石塊，可知兩者之間所經時期必甚久。據郝登推想，此種大震動，必由某種力在地下向上活動，與物質之引力及抵力相遇而發生側面及斜面之擁擠，地層逐變為傾斜。此種力之活動或由於熱之影響。火山不過為地下熔爐之噴孔，而阻止陸地之上昇及地震之危害者，並非因地下有燃燒之物質所致也。

郝登在蘇格蘭各地旅行時，見有許多不成層狀岩石，或生於原始岩，或產於次生岩，因思地球內部既有熔熱之部分，則其與冷卻之外殼，必有相當影響，於是乃謂此種非層狀之岩石，必曾經熔化，在大震動發生時，乘機由下向上侵入而來者。郝氏分侵入岩爲三種：即黑石(whin stone)斑岩及花崗岩是。黑石之構造及成分與近代熔岩相似，被其侵入之岩層，往往因之堅硬，其碎塊或被黑石圍裹，或覓被熔化；煤層遇之，則變焦炭。黑石侵入之勢力猛者，岩層即因之位置移動或褶曲傾斜。

花崗岩與黑石不同之點頗多，尤以關於位置者爲最。當時水成學者均以花崗岩處於各種岩層之下，故時代最古。但郝登謂位於花崗岩上之岩層，其時代較花崗岩爲古。蓋花崗岩曾爲熔質侵入於今日發見與其在一處之岩石中。郝氏之主要證據，即爲花崗岩之細枝有散布於四周之岩石中者。我人試觀當時學者對於本問題之一般見解，始覺郝登之學說，殊可啓發地質學之哲理。最初學者多視花崗岩爲水成岩，懷納更進而確定其爲海洋中最初沉澱之物質，索緒耳對於花崗岩與其四周岩石之關係，乃較懷納及同時其他地質學者所知爲多，故始終信花崗岩爲水成岩。在郝登以前，從未有人敢謂地中有熔質之侵入。故凡應用郝登之說者，當時稱爲火成學者(Plutonists)。

後來來伊爾（Charles Lyell, 1797—1875）所立變質之理，在郝登時，可謂已稍具雛形。郝登謂花崗岩爲火成岩後，又更進一步，謂阿爾卑斯片岩（Alpine schistous 包括砂岩，頁岩等水成岩）乃因有花崗岩之侵入而變質。

郝登之觀察事物，並不限於過去，且包括現在與將來。自高山之巔，以及低海之濱，作有地面變遷之精密觀察，乃知無論何種岩石，在任何氣候之下，其分崩離析之運命，盡在地面作有記載。海昇爲陸，與陸地之被侵蝕，幾同時並進，無所先後。毀壞作用，包括化學的與機械的兩種。陸地之被侵蝕，全體皆然，而有流水所經之區域，則其損害之程度尤大。以其侵蝕作用，無時或息故也。讀柏勒弗亞所作之概論，可知郝氏觀察之微細矣。

柏氏云：「每一河流包含一主幹與無數分支，河谷之大小與河身成比例，合而爲水系，內部互相溝通。支流入幹河之處，兩谷相接，既不失之過高，又不失之過低，是爲河流山谷特殊性質也。無一河流祇有主幹而無支流者，且山谷平直者，必由急流暴水倏然製成；若普通河流，則由主幹分歧爲源流相距頗遠之支，支又分爲細支。所有河谷均由河流所作之侵蝕而成，由侵蝕洗刷大陸而來，並

由同一之作用以使地面滿刻紋形」。由是可知近代地面侵蝕之原理，郝登早已言之矣。惜當時信者極少；卽瞿爾（Sir James Hall）來伊爾諸人亦未之盡信。至一八六二年，朱喀（Jukes）乃證明愛爾蘭南部之山谷水系，確係河流之工作所成。後拉姆則（Ramsay）又更爲之闡明。美國諸地質學家又證明西美之地質現象，亦大都爲侵蝕作用之產物。

冰川在山間轉運石屑之偉大能力，亦爲郝登一派之學者所發見。柏勒弗亞云「移轉多量岩石之最大動力，當推冰川無疑。阿爾卑斯山及其他大山最高之山谷中有冰湖或冰河。當山谷未刻成現今之形狀以前，山岳之高度，當視今日爲甚。大塊岩石可以移運至極遠之處；卽被裂碎爲泥沙而運至海濱，或海底，亦未始不可。」由此更可知古昔有大規模之冰川之存在也。此種觀念早經發現。然在柏勒弗亞以後五十年中之學者，對於當中歐沉沒海中時，冰河冰山移石之說，猶多疑惑，誠可笑也。

郝登乃抱定以竭力反對採用觀察中所無之任何原則爲主義者。郝氏以爲我人對於自然界，不能以非大地所有之勢力解釋之。我人對於自然界除其已知之原則外，不能承認其有作用。我人

說明自然界之普通現象時，不能牽入特別事實。我人不能用自然界之勢力，以摧毀此勢力所具之目的；我人不能使自然界違反我人所觀察之故常，及紊亂造物系統中所習見之鵠的。我人利用水火諸力產生之事物，須與植動物繁殖之理相合。我人在實用上所見之某某事物，雖似無秩序，但我人不能使自然界之秩序起有紛擾及混亂。我人在經驗中覺其理由為不充分者，則不可假借。此乃先進地質學者所用之科學方法也。

郝登所交之友，多為學者，其中除柏勒弗亞外，以霍爾對於地質學之貢獻為最大。霍爾喜以實驗工作，解決地質學上之問題。故有「實驗地質學之父」之稱。霍氏初不信郝登之說，後因彼此往返三年，乃得熟聆郝氏之言論，親覩郝氏之證據，於是霍氏不但大為折服，且勸郝氏利用實驗，以作證明之助。但郝氏以自然界之作用，規模宏大，恐非小小實驗室所能勝任，故未實行。

霍爾某次在玻璃廠中，見普通綠色玻璃，逐漸冷卻，則變為白色不透明之結晶，而與其原狀大異；使之再熔化，驟然冷卻，則又復現玻璃光澤。於是乃憶及郝登所謂花崗岩為火成岩之說。郝登以為高溫度不能使岩石變為玻璃，花崗岩與黑石均係結晶岩石，是以不能再熔化，但不知熔化結果，

可由冷卻速度變換之也。

郝登逝世後，霍爾復作實驗之工作，以其在愛丁堡石炭紀層之侵入岩牆中所取得之粗輝綠岩玄武岩等標本在鑄造廠反熱爐內熔化之，乃變爲玻璃質，於是遂取其一部分再熔化之，並使之逐漸冷卻，則所得結果頗類黑石，而現結晶狀，霍氏名之曰晶子（crystallite）一七八五年霍氏遊歷意大利諸火山區，見其熔岩頗與本國之黑石相類。霍氏在蘇麻山（Somma）見直立熔岩向火山口上昇而成寬兩呎至十二呎之帶狀，知其爲熔岩在裂縫中由下上昇填充而成；又見其與圍岩接觸處，則成玻璃狀，而中部則呈岩石狀，以爲此二者之不同，可以實驗結果解釋之；因熔岩從寒冷之裂縫上昇，四周驟然冷卻，故凝爲玻璃質；中部冷卻速度較緩，故遂成結晶狀。霍氏即以此種火山岩牆之解說，應用於蘇格蘭之岩牆。當霍氏實驗蘇格蘭黑石時，又以所獲意大利之標本熔化之，而結果相同。霍氏因此乃證明近今熔岩與蘇格蘭古代玄武崗岩相同。霍氏又請化學專家肯笛博士（Dr. Robert Kennedy）將二者作化驗，彼此之成分亦同。於是郝登之學說，乃獲實驗的證明。

霍氏將炭酸鈣置於堅固之管內，而在高溫中燒之，則炭酸鹽熔化而炭酸氣不外逸，而由白堊所得

之物質，則頗與大理石相類。將此種結果應用於郝登之學說，霍氏以爲此同一之效果，在火山之底部時，當更爲偉大地下熔岩必能熔化石灰岩；熔岩與介殼層接觸，則非將炭酸氣驅去，卽使之成爲石灰岩。因此郝登之學說，乃愈鞏固，霍氏又取黏土施以壓力，則變捲曲，乃證明平疊之地層，可以變成褶曲，如英國柏立克邑地方之志留紀地層是也。

惟此時愛丁堡反對郝登之勢力，尙存而未去。懷納門徒中有席姆生（Robert Jameson, 1774—1854）者，曾遊德兩年，一八〇四年在蘇格蘭大學擔任自然歷史至一八〇八年乃在愛丁堡創立懷納自然歷史會（Wernerian Natural History Society）而以懷納本人爲名譽會長。該會最初目的，卽爲闡揚弗賴坡之學說。當時玄武岩之成因，似已由火成派作有解決；但自懷納之學說傳入，此問題之爭辯又復活。李卻特生（Richardson）溪温拉克諸人亦均爲反對郝登之學說者。惟郝登派之興盛，懷納派之衰滅，則可於席姆生之懷納學會所刋之專報中見之。該專報自一八一一年至一八三九年間，共出八卷，最初凡非懷納所讚成之意見，概不列入；後懷納之信徒漸知師說之不可靠，故多改隸郝登門下。日久該專報，幾將懷納之色彩完全失去，而反登載郝登派之著作。

於是歐洲水成與火成學派之爭執漸息。所謂唯知以理論是務之時代，遂於焉告終。今後地球歷史之研究，以探求證據爲先。地質作用及其對於地殼之影響之原理，此時已大致備具，惟古生物方面之研究，則尚欠完全。

拉馬克 (Lamarck, 1744—1829) 爲法國故家子，幼時從軍，因戰敗受創，乃脫離軍界，專心研究醫學，植物學，物理學，化學等。年三十二，成大氣中之水氣 (on the vapours of the atmosphere) 一文，頗得科學院中學者之稱許。一七七八年又著法國植物（Flore française）三卷，用自創之分類，以敍述野生植物甚詳。此書因倍封之贊助，乃得政府代爲印行，拉馬克因此遂成當時大生物學家之一，並被選爲科學院會員。一七九三年任科學院動物學教授；其時年已五十矣。拉馬克向來對於動物學不甚注意，今竟接受此職。拉馬克對於巴黎盆地第三紀之介殼類化石與近代介殼所作之比較的研究，在古物學上貢獻頗多，故遂成爲無椎脊動物學者之先進，而與有椎脊動物學者屈費兒齊名。拉馬克所著動物哲學（Philosophia zoologique）及無脊動物（Animaux sans Vertibres）二書，均爲生物學中之名著。

拉馬克對於地質學無甚著作發表，一八〇二年刊行有一小冊子一種，名水力地質學（Hydrogeologie）大意爲溼乾冷熱交替之勢力至大，莫之能抗。礦物因此等大氣情形而分離，故流水可肆其侵蝕作用；結果平原刻成峽谷，並擴爲山谷，陸地削成山脊，年久則爲高峯。此說頗與索緖耳特馬來斯郝登諸氏之主張相類，但不無冒之過甚。蓋拉馬克縱不知地殼可因任何廣布原因，不時撓褶升爲山岳故也。化石一名，原義乃指自地下掘出之一切礦物。至拉馬克，則限之於有機體之遺蛻。拉氏曾勸告研究化石介殼之自然學者，須將所得之化石與近代生存者相比較，並須注意含有此等化石之地層。又謂化石有淺海深海之分別。含有淺海介殼之地層，卽爲其以前之海岸線。凡被海侵淹之陸地，必有兩帶淺海化石層，及一帶深海化石層。又謂地面及地殼中大部分之石灰質物，乃由舊時有機體之遺蛻而成。

屈費兒（Dagobert Georges Cuvier,1769—1832）幼居腦曼地（Normandy）習見海濱生物，因讀倍封之著作，遂喜研究昆蟲與植物。後移居巴黎，一七九五年任比較解剖學校教授，乃常注意化石，與近代生物之比較，又廣集近代椎脊動物之骨骼，以爲比較及鑑定化石之基本。次年

著有關於象類化石之論文。越二年，因獲有現今所無之椎脊動物化石，乃斷定昔時椎脊動物，有因地面變化而遭滅絕者。至於何以發生此種變化，使其種絕種，且又繼以他種，此則為屈費兒所欲了解者也。於是乃作地質學之研究。屈氏以為我人欲具有化石骨骼知識，除在室內作研究外，在野外探求此等化石之埋藏及其保存情形，亦為必要。然屈氏對於岩石之地層構造，及岩石之關係，所知殊至有限，故進行匪易。幸其助理白隆尼阿德（Alexandre Brongniant, 1770—1847）於此等學問，造詣甚深，故可資臂助。白氏曾為瓷器中之監工，因平素喜研究礦物岩石等學，而對於動物學，亦極有興趣，故可與屈費兒合力研究色茵（Seine）盆地之地質，及其地層之層序，與所含化石之種類。二氏研究之結果，於一八〇八年發表。後二氏又繼續研究，以成巴黎附近礦物誌（Essai sur la Geographie mineralogus des Environs da Paris 1811）一書。

拉馬克崇尙演進（evolution）而屈氏則以宇宙間之變遷，歸之於激變（cataclysm），此為二家學說不同之主點也。

法國學者因境內有第三紀層之發育，與其所含化石之豐富，乃知注意其地層中化石之價值，

與地層學之重要。同時英國學者對於本國第二期之地層，亦有相當成績。此項地層在英國綿延之寬廣，與有次序的淸晰，視法國祇有過之。但兩國學者之於地層學，均先注意岩石性質，而後乃着重化石之價值也。

十八世紀初，施特楷（Strachey）已於含煤層之白堊紀地層，作有紀述。一七六〇年密昔爾（Michell）研究第二期層序，將其一般之性質，及分布之廣遠，描寫頗爲詳盡。密氏謂地層在平地上往往平坦，而近山岳處則變傾斜。又謂山岳多爲較低或較古之岩石所成，而平地則常爲位於上層之平疊地層所成。又謂地層之屬於同一次序者，往往同經不列顚以至於海。密氏對於自約克邑（Yorkshire）之含煤層以上迄白堊之大致情形，知之甚詳。密氏謂試以各種或各色之紙，粘疊之，而使其中部褶曲成脊，設將此等隆起處剷成平面，再使中部稍隆起，卽能表示世界許多大山區域及其附近地方之概況矣。我人如有此種地球構造，當可得同樣之土石礦物，露於地面，以成帶狀，而與大山脊平行。密昔爾對於地質學之見解，於此可見一斑矣。

英國之地層層序，前人雖有研究之者，然其努力僅以一部分地方爲限，而使其大功告成者，則

爲斯密史（William Smith, 1769—1839）之功也。斯氏有「英國地質學之父」之稱。自威爾斯塞武紀與志留紀之吉勵系（Killas series），上迄倫敦盆地之第三紀層，其岩層之次序，均經斯氏作精密之釐定，而其第二期層或侏羅紀岩石之細分，亦經斯氏作有決定，並排定其層序；而此種層序，不僅可適用於英格蘭，且又可施諸全歐各處。斯氏雖遭遇阻礙甚多，但絕不以爲意，其最初所成之觀念，始終抱守不變，而此等觀念在斯氏生前，學者即以一致認爲乃研究大地各處地層構造之指導的原則。

斯氏爲農人之子，八歲喪父，不久母又改嫁，幼時在村塾讀書，大都出於叔父之資助。校中課程無幾，故斯氏僅於幾何學及測量學稍知一二，惟此時斯氏頗喜收集石塊，尤以對於其附近地方侏羅紀岩石中之化石爲然。斯氏之教育，全藉自修，故年十五，卽充測量助理員，不久卽充測量員。惟當時測量員之許多職務，在今日有實應屬土木工程師之範圍者，故斯氏在學問上之成就，已可見一斑矣。斯氏從事此項職業時，因見土壤種類之繁雜，及其與下面地層之關係，乃大爲注意，而時時欲求其故。

謂斯氏測量所至之地較廣遠，乃獲見較古之地層，而索美塞得（Somerset）之含煤層及其斷層，尤引起斯氏之注意。年二十四改充運河工程師，擔任使運河若干段成平齊之工作，斯氏以前胸中遲疑不決之問題，至此乃獲有確證之機會，即以前熟見各地層雖似極平，實則向東稍斜，而向西則遽止，斯氏乃知此種現象意義之深，及應用之廣，實較其本人以前所推測者爲甚。

斯氏任運河工程師六年，雖平時公務極其繁劇，但其地質學地層學等知識，在此六年中反增加甚富，而爲其一生學業之最重要時代，斯氏幼時雖好採集化石，但未能將化石與含有此等化石之岩石層次作有一定之聯絡。至此時乃藉挖掘運河地層之機會，特對於每一地層中所含有機體遺蛻加以注意，結果乃知所研究之各地層，實每一地層有其特有之化石，在鑒定時，有不能決定者，則以與此相類地層中所含者識別之。

斯氏不但可以化石指定地層，且其所具關於地層之詳細知識，對於許多事業，如農業、礦業、築路、排水、開運河、供給水，及與日常生活有關之許多其他工程，均裨益甚大，而測量員及工程承辦家有與斯氏接觸者，無不以其旨爲可取法。斯氏於一七九九年脫離運河公司，而爲獨立工程師，因曾

任耕水灌溉之工程，故有時一年中足跡所及，約可一萬哩。故英格蘭各處，斯氏幾遊覽殆遍。

斯氏平素觀察所及，多作有筆記，及地層情形與其剖面之圖說。惟斯氏所搜集之材料，雖如是其豐富，但本人對於著作，則非所長，故欲將其要旨編列成書，則殊頗困難，且又因自信力薄弱，不敢輕信所獲為是，故遂無文字與世人相見。至一七九九年因獲交李卻特生（Richardson）乃將本人對於地質學所發為李氏述之，又出其所錄之地質表格，以質諸當代地質學者。當時斯氏之表格，雖未正式發表，但已流傳甚廣。後李卻特生乃慫恿斯氏將所作之觀察成書，並附地質圖一及剖面圖若干出版。斯氏雖為所動，但因他種原因未獲實行。一八〇五年斯氏在倫敦陳列其所採集之標本及所繪之地質圖，內有索美塞得邑地質圖一幀，即表明英國各區均可仿此以製成地質圖者也。斯氏曾向農部陳述願從事於此，但斯氏此種意見，後來亦未有發展。三十年後倍希（De la Beche）乃將其建議重行提出，而現今之英國地質調查所遂呱呱墮地。一八一五年斯氏英國地質圖由某出版業者為之印行。斯氏此種工作不僅為地質圖之成功，且使地層學啟一新紀元。蓋地質學中今日最習見之術語，即因此圖而通行也。再斯氏之最有價值，而又可稱為有創造之努力者，則為侏羅

紀之研究，其成績與屈費兒，白隆尼阿德之於法國，有同等之昭著。

第三章　十九世紀之地質學史

在過去百年中，學者致力於礦物學之研究者頗不乏人。羅美(Rome de l'Isle,1736—1790)於一七七二年及一七八三年主張幾何形狀在礦物分類中之重要。浩儀（Abbé Hauy,1743—1822）爲結晶學之創造者，其主要著作乃在一八〇一年至一八二二年發表。

十九世紀初葉，英國學校中尚未以地質學爲確定之課程。惟倫敦有皇家學會爲英國搜藏礦物及化石最豐之所。是時之主持者，名代弗(Humphrey Davy)，當時之礦物學家也。英國此時關於化石之有系統著作，則爲柏金生(James Parkinson)之古代生物之遺跡(Organic Remains of Former World)一書。

倫敦地質學會之成立

化學家及礦物學此時對於地質學之新科學，已漸知注意。至一八〇七年，彼等乃聯合自然哲學家及地質學家組織學會於倫敦，會名倫敦地質學會(The Geological Society of London)，會

中最初祇有會員十三人，其中如治古生物學之柏金生，治地層學之菲里泊（William Phillips），治普通地質學之格林納夫(G. B. Greenough,1718—1855)均爲當時有名學者。

翌年該會在一八〇八年所定會章中有云：「本會設立之目的，爲聯絡地質學家之感情，鼓勵彼等研究之熱忱，勸用統一之學名，傳布新發現之事實，促成地質學之進步，尤其爲不列顛礦物之知識」。當時雖有懷納派與郝登派之爭辯，而該會之會員則未有參加者，此則可爲注意者也。該學會最初特刊中之文字以關於礦物學及岩石學爲多，僅柏金生一人有關於倫敦附近之地層及其化石之文字發表。其他地質學泰斗，如烏拉斯頓(W. H. Wollaston,1766—1828)勃克蘭（W. Buckland)倍希（H. T. De la Beche）塞治尉克，來伊爾，毛卻生（Murchison）諸氏，皆於一八一二年至一八二四年間加入於該會。

地質學與大學校

牛津大學至一八〇五年始講授地質學，而以化學教授吉特（John Kidd,1775—1851）任之。吉氏對於此項學科極有興趣，至一八〇九年有關於礦物學之書二卷刊行，至一八一五年有

地質學論文（Geological Essays）一書刊行，牛津大學設有愛許摩林博物院（Ashmolean Museum），其中所置之標本頗可爲研究之助。地質學講室在該博物院最下一層，光線黑暗，然牛津之地質學者，皆在此中養成。

當時英國之地質學尙與化學及其他科學混合不分，故道勃奈（Danbeny, 1795—1867）由地質家而充牛津大學之植物學教授，漢斯魯（Heslow）在劍橋大學則以礦物學教授而兼植物學教授者兩年。

一八一三年吉特辭去牛津教授，而由勃克蘭繼任。勃氏口才長，學識優，而戶外實習勤，甚得時人信仰，故至一八一九年，牛津大學乃設地質學教授講座。

塞治尉克本一數學導師，一八一八年，任劍橋大學地質學教授。塞氏此時對於地質學幾可稱爲門外漢，但任職後，勤於探求，並在極難到之地方作實習，其勇氣之充足，實爲同時的地質學家所不能逮。塞氏又長於詞令，能使聽講者對於此學起有志趣及熱心，故後來塞氏門下人材輩出。

同時席姆生在愛丁堡擔任自然歷史教授，亦以地質學與其他科學並授。席氏著有蘇格蘭諸

島之礦物學（Mineralogy of the Scottish Isles）及礦物學統系（System of Mineralogy）後書共三卷其第三卷實爲地質學，亦即英國出版最早之地質教科書也。一八一三年，伯克威爾（Robert Bakewell）之地質學初步（An Introduction to Geology）出版，亦爲地質學中之名著。來伊爾研究地質學之興趣，可謂係讀此書而起者。

在德國，則懷納在弗賴坡繼續擔任地質學與採礦學教授，直至一八一七年逝世後，乃由其門人摩斯（Friedrick Mohs）承之。摩斯亦爲當時著名之礦物學家。

在法國則白隆尼阿德於一八二二年繼浩儀（Haüy）爲巴黎自然歷史博物院（Museum of Natural History of Paris）之礦物學教授。前一年，度別依桑（D'Aubisson）著有地質學（Traite de Geognosie）一書，亦爲最初地質教科書之一。在意大利有白賴施來克（S. Breislak）所著之地質學初步（Introdugione alla Geologia）一八一一年出版。

關於化石之著作

不列顛礦石介殼學（The Mineral Conchology of Great Britain）一書爲蘇厄比

（James Sowerby, 1757—1822）與其子凱爾（James de Carle Sowerby）所著，於一八一二至一八四五年間出版。蘇氏父子均為有系統之自然學者，且善於繪畫，故其著作中所附著色插圖，極肖標本之原狀。

在德國則有懷納學生施羅才末（Baron von Schlotheim, 1764—1832）研究化石與地層之關係，一八二〇年著有化石學（Die Petrefaclen Kunde）一書，後又增地圖一册。哥爾福施（Goldfuss, 1782—1848）於一八二六至一八四四年間，發表德國化石界（Petrefacta Germaniae）一書，內容雖不甚完備，要亦為古生物之重要參考書。在意大利則有勃魯齊（Brocchi, 1772—1826）著之中與統與上新統之化石介殼圖說（Conchiologia Fossile Subapennina）一書，勃氏亦為意國著名地質學家之一。

地質學之大師

一八二〇年至一八四〇年間，有若干地質學鉅子著書立說，其見解雖不必盡合，但此際歐美二洲能有許多地質學上之重大發見，則為彼等實地研究之功也。此種進步，乃因將郝登，斯密史，屈

費兒等先進所立之健全原則見諸應用之結果。此時勃克蘭聲譽最隆。他如寒治尉克，毛郤生，(Murchison, 1792—1871) 來伊爾，倍希布盧 (Leopold von Buch, 1774—1853) 卜歐 (Bauer) 愛里特蒲孟 (Elie de Beaumont) 陶羅 (Omalius d' Halloy) 等亦皆有卓越之貢獻，故有人稱此時期爲地質學之黃金時代。

此時學者對於礦物學之研究，人數亦較前爲減少。惟倫敦地質學會會員烏拉斯頓治此學尤爲努力，而測量礦物晶體角度所用之反光測角器，卽烏氏所發明。烏氏本學醫，得有醫學博士學位，惟懸壺不久卽告退，以便悉心致力於各種科學之探求。烏氏對於各種科學頗多擅長，又爲第一流礦物學家。所謂烏拉斯頓獎章 (Wollaston medal) ，卽烏氏所捐設，而由倫敦地質學會評議會代爲頒給之最高獎品也。毛郤生，蘇格蘭人，本軍人，曾參預一八〇七年英國與西班牙之戰爭，一八一五年結婚，此後乃治地質學，並在歐洲許多地方作實地之研究，曾獲得烏拉斯頓獎章。

布盧爲當時德國最著名之地質家，本爲魏納之門徒，但一八〇二年在法國與汾湼研究之結果，則以該地之玄武岩乃爲一種火成岩而非水成岩，故與其師之見解相異。布氏遊歷斯干的納維

亞時，發見瑞典之一部分地方正逐漸上昇，在遊歷瑞士意大利諸國時，則以為山岳係震動及上升運動之結果，且往往有花崗岩為之中心。布氏不避艱辛，卒將德國之地質全圖繪成，而於一八二四年發表。布氏後來又注意古物學，其對於菊石豌豆等化石所作之記述，亦極有價値。

德人洪博德（Alexander von Humboldt, 1769—1859）乃地理學家而非地質學專家，但足跡所及之地極廣，故對於世界各處之礦物，火山，山脈，變質及自然歷史，均觀察極富。一八二二年發表東西兩半球之岩層論（Essai Geognostique sur le Gisement des Roches dans les Deux Hemispheres）一書，而侏羅紀層之名稱，卽為洪氏所創立。後又著有宇宙（Kosmos）一書，書中將其本人對於宇宙間自然現象之觀察，作成要略，水成說與火成說之爭辯，雖由柏勒弗亞之解釋而以緩和，但對於火山作用，作有眞正之貢獻者，則惟布盧與洪博德二氏也。

道勃奈於一八一九年起之數年間，曾屢往奧汾涅及其他區域作實地之研究，一八二六年著有活火山與死火山（Description of Active and Extinct Volcanoes）一書，以為蓋呂薩克（Gay-Lussac）與代弗（Davy）所主張之水在氧化地殼下與鉀等未化合之基質相觸乃為

發生高温，釀成地震及火山爆發之基本原因之證明。

同時施克魯柏（G. P. Scrope, 1797—1876）在研究法國中部及他處之火山區域後，又將郝登及柏勒弗亞之見解，頗多增益。施氏對於河谷侵蝕所作之觀察，不但將昔時特馬來斯之見解證實，且又加以擴充。一八二五年著有火山論（Considerations on Volcanoes），一八二七年又著法國中部之地質（Memoir on the Geology of Central France）一書。

初時之地質圖

初時地質圖之繪製，以美國進行較速。但一八〇九年費府（Philadelphia）美國哲學會（American Philosophical Society）刊行之密士失比河（Mississippi）以東區域之地質圖，實爲麥克樓（W. Maclure, 1763—1840）之工作。麥氏本蘇格蘭人，初在倫敦經商，一七九六年遷入美國，以在歐洲時卽喜治地質學，渡美後，因見美國之地質構造比較單純而規模宏大，故遂常在東部諸州旅行，至一八〇七年乃獨自調查美國之地質。八年後麥氏又著美國地質之觀察（Observations on the Geology of the U. S. of America），於一八一七年刊行於費府，此

爲第一次表示美國之大部分地質構造之路圖，縮尺爲每吋代表一百二十哩，即約七百六十萬三千二百分之一，大致頗能將北起坎拿大邊界起南至墨西哥海灣止，東起大西洋沿岸西至經度九十四度止之區域內之地層分布表出。麥克樓依懷納之地層分類，將美國全地層分爲元始層，過渡層，第二期層舊紅砂岩，及冲積層，而用顏色表出之。又作一綠線，自紐約之東北起，南行以至泰奈西州（Tennesee）止，而以此線之西，爲產岩鹽及石膏之區域。於是第三紀中之各重要分層，悉被列入冲積層內，但此爲當時不能免之錯誤，我人未可以此爲麥氏病也。麥氏手持斧，背荷袋，獨自往來於阿爾蓋奈山（Alleghany）間，不下五十次，其勞苦可以想見，故麥克樓又有「美國地質學之父」之稱。

愛爾蘭之第一地質圖乃出於葛里費施（R. G. Griffith, 1787—1878）之手。葛氏生於度白林（Dublin），畢生盡力於地質調查及他種有益於本鄉富源發展之事業。旅行甚廣，觀察所及，則記入圖內。最初之圖在一八一五年刊行，後政府命其完成之，而全圖乃於一八三九年出版，縮尺爲每吋代表四哩。後以知識日增，故圖中逐漸改正之處亦多，末版於一八五五年出行。

第四章　來伊爾氏之地質原理

自地質學原理(Principles of Geology)一書發表後，來伊爾遂成世界第一流之地質家。此書共分三卷，第一卷於一八三〇年刊行，第二卷於一八三二年刊行，第三卷於一八三三年刊行。此書之全名爲地質學原理爲試用現今原因作用爲舊時地面變遷之解釋(Principles of Geology, being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface by Reference to Causes now in Action）惟書中之理論，並非皆屬創造，如近代地球及其生物之變遷，可爲古昔之例證，前人卽已言矣，且自郝登之學說發表後，我人已知地質之現象，可以今日在活動中之物理原因解釋之也。來伊爾爲牛津大學高材生，因聽勃克蘭演講，乃引起研究地質學之興味。一八二五年執律師業，但本人此時之嗜好已逐漸移於地質學方面。一八三一年，擔任倫敦皇家學校（King's College）地質學教授，但爲時不久卽棄去，以便一心研究。來氏在執律師時，已有關於地質學之文字發表，後以旅行廣，觀察富，而所讀與地質學有關之出版物又多，故遂可以著述爲其

畢生之主要事業矣。來氏對於凡物質界及生物界事實之可以用於說明地質學問題者，均自世界各處及各時代哲學家及觀察者之記載中搜集殆遍，故其地質學原理中例證極多，推理透澈，使一般讀者，及地質學家讀之，則無不以爲今日之地文學（physical geography），僅爲地質史最後一幕之一部分，而其生物或他種自然現象之連續，實與其過去並無普遍之中斷也。

此書討論各種問題極爲詳盡，惟其第一卷則頗引起當時地質學家之熱烈的批評。來伊爾謂現在之狀況，可爲古代之經過之例證。惟柯奈倍（Conybeare）等則以古今物理的原因作用之程度及強弱，可因各時代情形不同而有變化。故當此書之第三卷時，來氏已否認本人爲主張現在變遷原因之作用，乃絕對亘古不變者，雖然，來氏之一致說（doctrine of uniformity）終不免有涉極端，而其門徒則更變本加厲。故至一八八〇年時，拉姆則（Ramsay）猶云「自太古界以迄今日，一切地球歷史中之物理的事變，不問爲種類，抑強度，均與我人今日所經驗者無殊。」惟後來泰爾（J. J. H. Teall）在一八九三年所作之論調，則較公允。泰氏謂地質學家無不承認在寒武紀以前，剝削及沉澱作用所處之化學物理的狀況，雖非與現在者相同，然而殊極相似。

柏來斯維（Prestwich）在一八八六年時以爲所謂「不一致」（non-uniformity），與律令之一致（uniformity of law）之問題無涉，不過僅與作用之一致之問題有關耳。柏氏以爲在地質時期內，「物理的作用，乃較現在爲活動，爲強盛，」總之在今日地質學者所主張之物理作用說，以變相之一致說勢力較盛矣。

讀來伊爾之著作，可知舊時主張以災變爲地質事實之幻想家之錯誤。此書至一八七二年，已第十一版，來氏親自將其名稱改爲地質學原理或地球及其生物之近代的變遷可爲地質學之說明（Principles of Geology, or the Modern Changes of the Earth and its Inhabitants Considered as Illustrative of Geology），我人顧名思義，可知來氏對於一致說所抱之態度，已不若從前之謹嚴矣。

初版地質學原理（第三卷）將歐洲主要水成層系統，分爲第二紀，第三紀，及近代紀。第二紀之底部石炭紀層，其下則爲初期層。來氏謂凡古於石炭層者，不論成層與否，悉屬初期層。惟來氏以初期一名替代原始，不過僅以結晶岩較石炭層爲古而已。

來伊爾在一八三三年時，謂成層岩石之先後層序，永不顚倒，蓋當時對於倒轉，褶曲，與斷層等現象，尙無所知故也。來氏以爲花崗石有各時代之不同，以前我人以爲花崗岩爲地殼之最古部分，實則並不盡然，以其常爲較近時代所成，且有時則較其上成層岩石爲新故也。

至於舊時所謂過渡層，來氏以爲我人在許多地方所發現之原始層，非與第二期層中之岩石交互成層，卽逐漸變爲含有化石之岩層；我人藉化石之助，乃知以前所謂過渡層，實則與他處所見之變質較淺而含有珊瑚化石甚富之岩石相同。故過渡之名稱，雖爲來氏保存，但已不若原來之重要，蓋現今我人乃以化石種類之鑒定，以定層次，而不專恃礦物性質爲其年代分類之標準也。來氏所用之石炭紀層一名稱，包括甚多，有舊紅砂岩，粗岩，及過渡石灰岩。惟同時倍希在地質學要覽（Manual of Geology）中則以舊紅砂岩爲石炭紀層之底部，而其下之岩石，則另列一組，可知在舊紅砂岩以下之古生代層之地層次序，尙待研究也。然自粗砂岩以上之層序，則來氏所定者，殊與今日英國所適用者無異。

特秀伊（Deshuyes, 1797—1875）因巴黎盆地之舊第三紀至新第三紀地層所產軟體動

物化石之發現日見增多，乃起研究之興趣。至一八二四年，特氏乃發表巴黎四周之貝殼化石(Description des Coquilles Fossiles des Environs de Paris)二卷，同時來伊爾於一八二九年純以地質學之觀點，而得同樣之結論，並將第三紀層作同樣之分類。來伊爾云許多岩石在廣大面積內保持有同樣之結構及成分，但在他處廣大面積內，因礦物有變化而常有其新特點。同時生成之證據，當在有機體遺蛻中求之，但我人對於動物學，必須有相當之注意，蓋顯然各別之有機體遺蛻能埋藏於同一時代之地層中故也。來伊爾又對於物種之變形問題，作有討論，謂一切物種多有適應環境變遷之能力。此種適應能力之大小乃隨其物種而異。但此種變形作用，必依照定律進行，而適應能力之大小，則為物種之永久不易之特性之一也。總之，自來伊爾之地質學原理發表後，科學的地質學之範圍，業稱完備。

在來伊爾地質學原理發表以前，德人霍夫(von Hoff)已於一八二二年及其以後數年，將地面之變遷作有論列。霍氏對於此科學雖有貢獻，但其見解，實為融匯貫通各書而得，故我人祇可目之為哲學史家，而不能稱之為地質學家也。

約與來伊爾同時之重要著作，尚有雷斯（F. A. Reuss）之礦物學教本（Lehrbuch der Mineralogie, 1801—1803），席姆生之地質學（Treatise on Geognosy, 1808），度別依桑之地質學論（Traite de geognosie），腦莽（C. F. Naumann）之地質學課本（Lehrbuch），陶羅（Omalius d'Halloy）之地質學初步（Élements de Geologie），菲里泊之地質學綱要，倍希之地質學要覽等。惟最重要者，則為特奈（J. D. Dana, 1813—1895）之礦物學（System of Mineralogy），於一八三七年出版，特奈初為美國耶魯大學自然歷史教授，後為礦物學及地質學教授。一八六三年又著有地質學教科書（Manual of Geology）。在一八三八年以後，特氏對於珊瑚及珊瑚島研究頗勤。

地質學初視為玄學，後視為礦物學之分枝，最後乃成為獨立之科學，而其內容則與天文，生物，地理，均有關係。自一八四〇年起，我人對於地質學之發展，當注意於重要原理之發見，及此科學各分枝之進步矣。

第五章　地質調查所及經濟地質學

自各國有詳細地質圖後，而地質學之進步，遂一日千里。蓋地質圖不僅可將各種岩層之界線及斷層表出，且可藉經度之區劃，將一地之地質構造及其對於風景之影響及與經濟問題之關係表出。十九世紀初，不列顛三角測局（The Trigonometrical Survey of Britain）長柯爾倍（T. F. Colby）極喜研究地質學，一八一四年加入倫敦地質學會，同時又勸其屬員注意測量區內礦物之變遷。是年麥克洛赫（John MacCulloch）任測量局地質顧問，至一八二六年麥氏乃着手繪製蘇格蘭之地質圖。是時蘇格蘭除阿羅斯密史（Arrowsmith）所繪之圖外，尙無詳細之地質圖，麥克洛赫乃以阿羅斯密史圖爲根據，以塡明地質構造。此圖於一八三六年刊行；蓋爲麥克洛赫逝世之次年也。圖之縮尺爲每吋等於四哩，對於火成岩研究之進步，頗有影響。其時交通頗不便，蘇格蘭又多崇山峻嶺，麥克洛赫竟能獨手完成此圖，良非易事。

愛爾蘭三角測量局（The Trigonometrical Survey in Ireland）在開辦時，柯爾倍卽主

張該局須視爲統計古物及地質三種調查之基礎。迨柏林格爾（J. W. Pringle）主持時，對於此三者之進行頗爲注意後地質調查之工作，乃由寶德洛克（G. E. Portlock）擔任，寶氏初爲皇家工程師，一八二四年加入愛爾蘭測量隊，一八三二年籌備地質測量事宜。五年後，愛爾蘭三角測量局之地質股乃成立。

同時倍希曾個人測製得文（Devan）與多塞特（Dorset）之地質圖，以一吋縮尺之英國軍用圖爲基本至一八三二年，事爲柯爾倍所聞，乃正式命其將得文之地質圖繪成，圖共八幅，於一八三四——一八三五年由陸軍部發行。其時來伊爾爲倫敦地質學會會長，與勃克蘭及塞治尉克向軍政部建議，組織有系統之地質測量，並聲明此項事業之綦要。於是政府乃任倍希爲地質調查所所長（屬不列顛三角測量局）並主持礦物學校（school of mines）與礦物登記所（Mining Record Office）。該地質調查所之目的，在以縮尺一吋爲一哩（即六萬三千三百六十分之一）之圖上，填明地質構造，有用礦物之位置，及其分布，並附有截面圖，而以縮尺六吋爲一哩（即一萬零五百六十分之一）以表示地面下之構造，刊行專報，記述國內之地質，古生物，有用礦物及礦業，

此外又設立博物院，陳列不列顛諸島之岩石，礦物，化石等等標本。其第一次刊行之地質圖，即引起學者之注意，其內容之詳盡，爲先前所未見。倍希又網羅有名學者，爲礦物學校教授。一八五五年，毛卻生繼倍希爲地質調查所所長。

美國州立地質調查所，固成立頗早，但國立地質局之得成立，則爲取法母國之結果，故我人亦可謂爲倍希個人之努力及熱忱及於大西洋之彼岸之影響也。英國之國立地質調查所成立後，他國亦接踵繼起，而成一種有興趣之科學運動。

東印度公司（East India Company）於一八一八年時，已在印度設立三角測量局，印度地質調查所(Geological Survey of India)之第一次報告，係由麥克賴倫(John McClelland)於一八四八——一八四九年發表，然遲至一八五一年該調查所始組織完備，而以前愛爾蘭地質分所所長奧特漢（Oldham, 1816—1878)爲所長。

當倍希之在南威爾斯調查地質也，得露根（W. E. Logan, 1798—1875）之臂助頗多。露根在天鵝海（Swan Sea）附近測量煤田，極爲精細，一八四〇年在該處煤層下之黏土中發現

痕木（Stigmaria）之根，遂斷定是處先時乃該植物生長之所。露根生於坎拿大之滿地可（Montreal）一八二四年任坎拿大地質局長，可謂人地得宜矣。

奧匈聯合王國之地質調查所，成立於一八四九年，所長爲海定吉（W. Van Haidinger），後由李德（F. Ritter von Haver）繼任。奧匈地質全圖，乃於一八六七至一八七一年發行。

在某某等國家，其私人所繪之地質圖，在官立地質調查機關成立以前，即已製成。如法國即其例也。一八二三年愛里特蒲孟與竇弗爾那（P. A. Dufrénoy, 1792—1857）在白路向（Brochant de Villiers, 1772—1840）指導之下，以製成法國地質圖。白氏爲礦務學校（école des mines）之地質學及礦物教授。三氏於一八二三年曾赴英國參觀地層，翌年即開始工作，一八四〇——四八年發行，並附報告兩卷。

德國最初之最重要普通地質圖，乃出於提青（Heinrich von Dechen, 1800—1889）之手，一八六九年發表。提氏又於一八五五——八二年間，又有普魯士及韋斯德發利亞（Westphalia）之地質圖發表，格姆貝（C. W. von Gümbel, 1820—1898）又作巴燕（Bavaria）之

地質圖，一八五八年發行。後來德國所有各種有系統之地質調查，可謂大部分乃對於提氏圖之價值之認識而起也。

俄國亦常有各種地質圖發表，係出於阿畢虛（Abich，1806—1886）阿虛瓦特（von Eichwald，1795—1876）諸人之手。一八四一年海爾梅生將軍（General von Helmerson）發行俄國之地質圖；至一八四五年毛徹生，佛奴依（De Verneuie）加色林（von Keyserling）諸人又著成歐俄及烏拉山脈之地質（Geology of Russia in Europe and the Ural Mountains）一書，而有地圖多幀。芬蘭之地質調查工作乃開始於一八六五年。那威瑞典對於此項工作則較前，在於一八五八年時卽已着手。瑞士地質調查所乃成立於一八五九年，局長爲施多特（Studer, B, 1794—1887），施氏在任此職以前，曾與林特（von Linth）刊行瑞士之地質圖。比利時之地質圖，於一八五四年刊行，係特孟（A. H. Dumont, 1809—1857）受政府命令繪製者。正式地質調查所之組織則較後，主持者爲特朋（E. Dupont）。意大利地質調查所於一八六八年成立，然遲至一八七七年始組織完備，所長爲齊大諾（F.

Giordano）。當時意大利之地質學家以沙維（P. Sovi, 1798—1871）爲最著名。沙氏研究地質學及動物學，其採集之標本陳列所爲歐洲最優者之一。沙氏對於古代岩石，加拉拉（Carrara）大理岩中新統之褐炭，愛爾巴（Elba）之鐵礦等地質問題，均有貢獻。

美國州立地質調查所之設立，乃在十九世紀初。在一八二四年時，紐約州之地質工作，乃由伊頓（Amos Eaton）擔任，其後霍爾，愛門施（Ebenezer Emmons），康拉（Timothy Conrad），諸氏繼之。首頒州帑以設地質調查所者，爲麻薩諸塞州（Massachussetts）係一八三〇年時，由希去柯克（Rev. E. Hitchcock）所組織。後羅傑士(W. Band H. D. Rogers)奧溫（P. D. Owen）馬哥（J. Marcow），紐勃雷（J. S. Newberry）等，亦參加各州地質調查所之工作。最初州政府所組織之地質軍事地形調查隊，乃由金格（C. King），海籐（F. V. Hayden），寶韋爾（J. W. Powell），韋勒（G. M. Wheeler）諸氏主持，而現在美國國立地質調查所，則直至一八七九年始成立。此等州立地質調查所所出版之報告，均卷帙繁重，內容豐富。

馬哥生於法國，久居美國，其一八六一年發表之世界地質圖，乃第一重要之世界地質圖。

日本自明治維新以還，即對於地震及測量甚爲注意。其全國百萬分之一地質全圖，於一九〇〇年發行，高麗之地質調查，初以小藤（Bunjiro Kotô）氏之努力爲多。

南非之地質情形，大多藉乎私人之研究。賓恩（A. G. Bain, 1797—1864）爲南非地質學之創立者，本蘇格蘭人，於一八二〇年赴好望角殖民地（Cape Colony），初從事於測路，後改攻地質學，至一八五六年有南非地質圖發表。

愛賽斯登（W. G. Atherstone, 1813—1898）爲發現好望角殖民地金剛石礦之第一人。斯徒（G. W. Stow, 1822—1882）對於南非之地質學，與民族學均極有研究，而佛利寧琴煤田（Vereeniging coal field）之發見，即爲斯氏之功。

克拉格（Rev. W. B. Clarke, 1798—1878）爲澳洲之地質學先進，初肄業劍橋大學，一八三九年在新南威爾斯攻地質學，一八四一年，在該地第一次獲得黃金，然直至一八四四年時，毛却生尚未知該地產金，祇因獲睹斯第賓賴基（Count Stizelecki）在澳所採岩石之與烏拉山產金岩石標本相同，遂揣斷該處有金礦發現之可能。但澳洲自一八五一年起，始正式有人趨赴該處

探金。克拉格又為志留紀層與石炭紀層之鑑定者，有「澳洲地質學之父」之稱。

麥高（Frederich McCoy, 1825—1893）與塞治尉克在英格蘭及威爾斯研究下部古生代化石，有關於愛爾蘭之石炭層及志留層之著作發表。一八五四年，任新金山（Melbourne）大學自然科學教授，此後遂在域多利（Victoria）研究古生物。

新西蘭頗多地質學家之惠臨。海格托（J. Hector, 1834—1901）於一八六一年任奧泰哥（Otago）之地質學專家，四年後為新西蘭地質調查所所長。同時波希米亞人霍須斯泰德（von Hochstetter）來新西蘭，有關於新西蘭之地質及地形圖說之著作（一八六四年出版），同時有赫斯德（Haast）來主持納爾生（Nelson）及康德倍雷（Canterbury）二處之地質調查所。又有赫登（F. W. Hutton）者，自印度來主持惠靈頓（Wellington）之地質調查所。若干時後赫氏乃改任新西蘭大學地質學及生物學教授。

地質調查之工作，本根據科學原理以進行，但地質調查局所設立之目的，則在應用科學於人生。瓦爾可脫（C. D. Wolcott）云：「有人以為實用係科學之止境，但明哲有云：哲學對於人生所

供給之需要中止，則失其甚高之地位。」

世人在未獲有科學的報告以前，常不願投資於需款多而風險大之事業。如英國地質學家見有黑色頁岩及褐炭之分布，乃斷定此等地方有煤層之存在，故常在古於或新於含煤之地層作試探，而未有結果。但後來卒在色塞克斯（Sussex）地方，探得煤層焉。倍希與其他學者，曾揣測英國東南部之地下，大概有石炭層之分布，後郭文奧施登（Godwin-Austen）始詳加討論。至一八五五年時，奧氏之結論，爲法比間在白堊層與第三紀層下之煤田，乃延長至泰晤士河谷。一八八六年時，渡佛（Dover）地方舉行試探，四年後，竟在一千一百十三呎深處，獲得煤層。其後證明渡佛以北，在白堊紀層與侏羅紀層之下，隨處均有煤層。但倫敦以上，泰晤士河沿岸，則未有煤田，因在倫敦及厄塞克斯（Essex）白堊紀層之下，曾探得志留紀層，兩者乃不相整合故也。

第六章　舊地質層系之說明新地質層系之歷史

當一八三三年來伊爾氏之地質學原理第三卷出版時，凡舊紅砂岩以下之地層及化石，尙未確定有系統，即索美塞得西部，得文，及康瓦爾（Cornwall）之厚層粗岩，板岩，石灰岩等，亦未釐定次序。

塞治尉克與毛郤生備嘗艱辛，在澤地（Lake District）威爾斯大部分地方，及英格蘭西南一帶詳究縷析甚久，卒將此等地方之山地構造闡明無遺。二氏以地層次序，及化石種類爲根據，定爲寒武岩紀志留紀及泥盆紀，此種層系之名稱，已爲全世界所適用。

惟在一八二〇年時，奧德樓（Jonathan Otley）即研究澤地之主要岩層，及其一般之分布。後二年塞治尉克乃開始研究澤地之較古層系所謂施基渡板岩（Skiddaw slate），綠色板岩，與斑岩（亦稱巴蘭台系 Borrowdale series），以及粗砂岩系，均經塞治尉克詳加研究，而將其互相關係，與主要分類，作有解決。但直至一八四五年威爾斯各地及其交界地方之寒武紀層與志留

紀層研究清楚後，澤地之同類層序，方始明白。

一八三一年塞治尉克與毛卻生開始研究威爾斯及英格蘭交界地方之較古地層，結果得左列之層序，自上而下為：

羅特魯層（Ludlow）
- 上部羅特魯
- 愛邁斯特來石灰岩（Aymestry limestone）
- 下部羅特魯

溫樂克層（Wenlock）
- 頁岩
- 石灰岩

毛卻生又在溫樂克層之下，加以加拉道克砂岩（Caradoc sandstone）與浪特羅層（Llandeilo flags）而視之為下志留紀之底部。所謂塞武與志留二名皆由二氏於一八三五年所創立。其時二氏均以為塞治尉克之上塞武層，與頂部之倍拉石灰岩（Bala limestone）皆位於毛卻生之下志留紀底層——浪特魯——之下。一八三八年，塞治尉克發見其所定為上塞武層者，其中有幾種化石與毛卻生之下志留紀化石相似。一八四二至一八四六年間，二氏更認明兩系中，有同類

生物遺跡。最後始知浪特羅層較倍拉層爲古，而毛卻生之加拉道克層之一部分則與倍拉層相當，釀成學者間之爭執之主要原因則爲以加拉道克砂岩與浪特羅層上之砂岩混而爲一，嗣塞治尉克乃將其作有分別，眞相既明，爭執自止，不意毛卻生於一八三九年發表志留系 (Silurian system) 一文不願改正此項分類，以致分類各別之系統，沿用甚久，至一八七九年拉潑華施 (Lapworth) 教授以塞治尉克之寒武紀層與毛卻生之下志留紀層，自倍拉層及加拉道克層至阿雷尼系 (Arenig series) 之底部另創奧陶紀之名以概括之，於是此種新系統乃以成立，今日各國亦用之。

巴蘭台 (G. Barrande, 1799—1883) 於一八五二至一八八一年間，著波希米中部之志留紀 (Systême Silurien du Centre de la Bohême) 一書，依化石動物之殊異，而將古生地層分爲三大類，而以之與寒武紀奧陶紀及志留紀之化石相當。巴氏本爲附和毛卻生之人，故其志留紀一名，乃作廣義應用，但其探求之結果，則反多證明拉潑華施之分類爲適當。巴蘭台生前出版關於該三大系地層之著作，共二十一大册，死後又續出二集，巴蘭台將凱騷 (E. Kayser) 所指爲

泥盆紀層者，括入其志留紀之最上部，又在其下志留紀層中，發見上志留紀之標準化石，以爲乃生物羣體（colonies）之重新見於上層者。此種見解在波希米地質學者間，頗有爭辯。一八八〇年馬爾（G. E. Marr）謂此種現象係斷層之結果，同時並謂物種之羣體及移殖，重見於同組之岩層中則可，但不能見於系統各異之岩層內。

在寒武紀以前之地層中，雖偶有少數化石發見，但直至寒武紀之底層，乃有眞確動物遺蛻之發見。在寒武紀中最早之化石層，以三葉蟲類之 Olenellus 爲特繁，霍爾於一八六二年時即記述之。屬於同帶之別種化石，則於一八四四年由愛門施發現於美國。瓦爾可脫著有下寒武紀之動物或小肘蟲之地帶（The Fauna of Lower Cambrian or Olenellus zone）一書，於一八九一年發行，爲最初記述化石最詳盡之著作。

一八八八年拉潑華施教授云：Olenellus 動物，在斯干的那維亞亦曾見之，在英國發見於一八八五年，產於加拉道克，惜標本不佳，無法記述。其後所採得之大標本名 Olenellus callarei。將南威爾斯之寒武紀層作詳細之研究者爲賽爾德（G W. Salter）與霍克士（H. Hicks）二

氏。至一八六五年二氏乃定有麥耐維恩層(Menevian group)之層名，其中以三葉蟲類之兜頭蟲(Paradoxides)為最普通。此三種葉蟲在一八二二年時，白隆尼阿德卽已詳言之，有時長二呎有奇。其層位在含有小肘蟲(Olenellus)之地層上，寒武紀之最上層則為含有油節蟲(Olenus)之三葉蟲層。據瓦爾可脫云，中部寒武紀層之動物含海棉類，水母類，珊瑚類，腕足類，瓣腮類，頭足類，腹足類等頗富。可知下寒武紀以前，早有生物之存在，如有良好機會，當能發見之也。

美人愛門施於一八四二年定一泰柯尼克層（Taconic formation）之名，據稱此層乃位於下寒武紀之博次代姆砂岩（Potsdam sandstone）之下。因此又引起許多爭論，幾歷五十年之久而未解決。最後乃知屬於上寒武紀。此項地層乃因麻薩諸塞州與紐約州交界處之泰柯尼克山而得名。後學者研究之結果，乃知該處地層構造繁複，一部分屬於下志留紀或奧陶紀，一部分屬於寒武紀之地層，不過愛門施均以之包括於泰柯尼克層中耳。今日此名詞祇有歷史上之意義，而無實在之價值。蘇格蘭南部高地有下部古生代地層、其層序乃由拉潑華施教授於一八七八年及其以後數年中整理而得，各層中以筆石化石為最多。

瑞典之下部古生層，經李那生（J. G. O. Linnarson）之研究，始層序分明，其中所含化石乃爲考上最可靠之標準。昔安奇林士（Angelin, 1805—1876）依三葉蟲之形式，以決定瑞典之地層，今則李那生以筆石化石分別之。瑞典南部之地層甚稀薄，故其上下層所含化石，乃密接而生，如非在該地逐寸採集，則極易混亂。一八七六年李那生著有論瑞典標準筆石化石之層序之文字，謂其次序，頗與拉潑華施在英國所見者相當。二氏異地工作，乃證實兩國下部古生層均有同一之筆石層。瑞典地質學家名林特斯特姆（G. Lindström, 1829—1901）研究古德蘭（Gothland）之志留紀層甚詳，而有一種名 Calceola 之奇異珊瑚，初視爲豌豆類者，即林特斯特姆研究而得。

英國之舊紅砂岩，經柯奈倍（Conybeare）勃克蘭及來伊爾諸氏之研究，已列爲石炭系之一部分，惟彼等又謂英國西南部之石炭層系與其上之新紅砂岩乃別爲一層。毛郤生在志留紀（Silurian System）一書中云舊紅砂岩極爲厚大，故擬以系名之。二年後密勒（Hugh Miller, 1802—1856）在克羅麥斗（Cromarty）地方開採岩石，成舊紅砂岩（The Old Red Sandstone）一書，云設非毛郤生，則該地層將不列於地質層序中矣。密勒又在舊紅砂岩中採得魚類之化石。與

澀（Owen）及其他學者均承認密氏舊紅砂岩一書爲地質書中最饒興趣之著作。

阿伽西(L. Agassiz, 1807—1873)瑞士人爲魚化石之研究(Recherches sur les Poissons Fossiles)一書之著作者。一八四七年任美國哈佛大學動物學及地質學教授。其門人夏勒(N. S. Shaler, 1841—1906)亦爲著名之古生物學家及地質學家，著有地質學初步(First Book of Geology)一書於一八八四年出版，曾譯成德俄波蘭等文字。

一八三六年塞治尉克與毛卻生在得文研究古代地層，以考證粗砂岩之中所含劣質無烟煤之時代。此種地層，據實地觀察，祇可決定爲石炭系層之代表。在此後三年中，此問題漸引起學者之趣味。一八三七年龍施代爾(Lonsdale)，見郭文與施登(Godwin-Austen)在得文南部所採之化石，遂以爲該砂岩所屬時代當在志留紀與石炭紀之間，並以此種見解轉達塞治尉克與毛卻生。二氏乃於一八三九年命之爲泥盆紀層與此相連之各種石灰岩，亦一併包含在內。其後舊紅砂岩中之魚化石，亦在得文發現。

他國學者因泥盆紀在英國成立，遂亦在大陸方面作與此相類之地層之探求。羅麥(P. A.

Römer）於一八八四年在愛弗爾（Eifel）覓得泥盆紀層。惟特孟（Dumont）已於一八四八年時將比法德接壤處之地層，定有諸分期之名稱，但尚未知其乃與舊紅砂岩相當，故對於泥盆紀之名，未置可否。商特坡兄弟（G. and F. Sanderberg）研究那沙（Nassau）之泥盆紀層，以化石爲根據，而將分爲上中下三部，乃使泥盆紀層之研究，大有進步。學者因有德國及北歐各國之分層，於是乃可將英國西南構造複雜之區域，作有說明。

石炭紀一名，係柯奈倍從法國引用而來，指含煤諸岩層而言。英格蘭及蘇格蘭之下部石灰岩含有煤層。故亦爲石炭紀，研究比國之石炭紀化石，以居羅姆（Larent Guillaume de Konnick, 1809—1887）爲最著名。一八七八年，任里愛巨（Liege）大學之古生物教授。

一八四一年毛卻生創立三疊紀之名詞，以俄國潑米亞（Kingdom Permia）有與英國下部新紅砂岩或含鎂石灰岩系，及與德國及其他歐洲各部之赤底紀（Rothliegend）諸分層相當之地層也。

於是新紅砂岩又分爲二部分，下部屬於古生代，上部連諸中生代。中生代之名稱，係菲利泊

（John Phillips）所介紹。毛卻生與塞治尉克見各處之三疊紀與石炭紀相整合者祇居少數。塞治尉克將英國含鎂石灰岩詳細研究後，謂其乃與德國之紅砂岩系相關連。

三疊紀之名稱，係一八三四年德人阿爾伯蒂（Friedrick von Alberti,1795—1878）所創，包括德國三種地層：即明德摩許爾石灰岩，及可柏層（Bunter, Muschelkalk, Koeuper）是也。今已為全球所沿用，不過其詳情則各地不同耳。如在英國，即未有摩許爾灰岩層，在阿爾卑斯山區，則又有其他所有之分層。莫西蘇維克斯（E. von Mojsisovics）研究歐洲南部之三疊紀，則又分五層，內含十四帶。三疊紀之最上層，格貝爾（Gümbel）名之為雷底克(Rhætic)因瑞士西南之雷底阿爾卑斯山 (Rhætian Alps) 而得名，意大利之雷底克層，及其上之里阿斯 (Liassic) 層，以斯多派尼（Stoppani）研究者為多。

美國康乃梯葛德谷（Connecticut Valley）有新紅砂岩焉。當地居民常以之作堦石，石上現有化石足跡，一八三六年第恩(G. Deane)乃喚起世人注意。希去柯克(Edward Hitchcock)以為鳥類足跡。後該處時有其他種足跡發見，希去柯克以為係蛙類，蠵龜類，石龍子，環節動物或軟

體動物之足跡。來伊爾謂多數足跡俱屬鳥類，一八五八年希去柯克著新英格蘭之足跡化石（Ichnology of New England）一書，一八六〇年非爾特（R. Field）又謂全係爬蟲類之足跡。一八九三年發現爬蟲類之骨骼於地層中，馬許（Marsh）謂係屬於一種名恐龍之爬蟲（Anchisaurus colurus）且云所有印痕，因有前後足及尾部所留之殊，故其形狀乃以不同耳。

地層次序欠分明者可藉化石以決定其岩層之年代，如愛爾琴（Elgin）附近之紅砂岩，即其例也。一八四四年阿伽西記述露西摩斯（Lossiemouth）舊紅砂岩中脊椎動物之棱鱗，以爲此乃魚之遺蛻。惟赫胥黎（Huxley）則謂屬於鱷類，翌年赫氏又得一種名杵狀龍（Hyperodapedon）之爬蟲骨骼，皆爲三疊紀之化石也。於是證明新舊兩種砂岩乃同露於一處，惟新紅砂岩中產爬蟲類化石；故此爭論不解之問題，乃以告終。侏羅紀之層序，在歐洲各國均已依照斯密史之分類而定。昆斯戴特（Quenstedt）所定之侏羅紀化石次序，爲後來學者之根據，昆氏研究礦物學與結晶學，又於一八四三年起，有關於古生物學之著作發表，一八五八年有侏羅紀（Der Jura）兩卷刊行，一八八八年又有記述侏羅紀菊石化石之發表。奧貝爾（Albert Oppel, 1831—1865）著有

英法二國及西南德國之侏羅紀層（Die Juraformation Englands, Frankreichs und Deutschlands, 1856—58）一書頗引起學者之興味，而於各地之工作者，裨益非鮮。白堊紀之名係非登（Fitton）由法文引用而來，因該系含有大規模之白堊層故也。英國之白堊紀層有韋爾頓（Wealden）與配排克（Purbeck）兩層，後者有時亦列入侏羅紀中，兩層連合共生，似為一種淡水中所成之地層。但歐美下白堊紀之植物，魚類及爬蟲類之情狀，據學者之研究，則似與侏羅紀者關係較深。英國之白堊紀層，由門德爾（Mantell）與非登之研究，而漸稱完備。德國之侏羅紀與白堊紀則以羅麥昆仲（F. A. Roemer, 1809—1869, C. F. von Roemer, 1818—1891）及克賴特耐（C. T. H. Credner, 1809—1876）之貢獻為多。又蓋尼次（H. B. Geinitz）又在德國他處研究上白堊紀紅砂岩及薩克遜之砂岩削壁，巴黎大學教授愛排德(E. B. Hébert, 1812—1890）為法國著名地質學家之一，鑑定上白堊紀層甚多。後巴魯阿（C. Barrois）博士等又擴大其工作，更有裘茵勃羅尼（A. J. Jukes-Browne）與魯偉（A. W Rowe）繼續而光大之。新生代之名為菲里泊所創，原意乃與第三紀相當。一八五四年摩落德（A. Morlot）

以爲第四紀與第三紀有別，於是新生代乃包括第四與第三兩紀在內。

一八二九年來伊爾與特許伊（Deshayes）以軟體動物化石之屬種，與現代生物類似之多寡，而區別始新統中新統，與上新統三層。一九〇三年代爾（W. H. Dall）博士表示反對，以爲環境對於物種之生存，有宜否之分，故在美國之始新統中，祇有二三物種似與歐洲者相同。

比國第三紀層之詳細分類，大都爲特孟於一八三九年起探求所得。其所定之名，今日猶有用之者。將英國始新統作有主要之分層，及決定其岩層沉積之物理的狀態，乃爲柏來斯維（Prestwich）研究之結果。

漸新統一名，爲倍立希（H. E. Beyrich, 1815—1896）於一八五四年所創；倍氏爲研究第三紀軟體動物之名家，對於歐洲中部及德國之各種地層及化石，知識極豐富。英國韋德島（Isle of Wight）之漸新統層，海陸兩相兼有，初視爲中新統或始新統；經福白西(Edward Forbes)研究後，乃定爲漸新統之最上部。

新生紀（Neogene）一名，爲洪斯（M. Hoernes, 1815—1868）所創，包括中新統與上

新統。洪斯對於維也納盆地之第三紀層，軟體動物，極有研究。

英國之東安格利亞（East Anglia）與比國之上新統地層中，產軟體動物及他種化石甚富，故引起學者之注意。其中有若干軟體動物，初以為屬於第三紀之初者，後知其乃屬於上新統初期，而與比國之地施興層（Diestian）年代相當。

冰河期之名，係來伊爾於一八三九年用以指示新於上新統之地層，今則與全新期（Holcene）一併列入第四紀中矣。初分為洪積統與冲積統之表面地層，經阿伽西與勃克蘭創冰河期冰河作用之說後，其成因乃明。石面之擦痕及石塊之遠徙，固久已引起霍爾，拉克白隆尼，阿德，柯奈倍，來伊爾，毛卻生等之注意。但直至一八四〇年，阿伽西始於倫敦地質學會宣讀所著冰河及其舊時曾於在蘇格蘭愛爾蘭及英格蘭成立之證據（On Glaciers, and Evidence of their having once existed in Scotland, Ireland, and England）一文。距此文發表之三年前，阿伽西在阿爾卑斯山研究冰河及冰河下之岩牀，並發見其石面有磨擦之痕跡。

惟阿伽西所欲解決之問題，為歐亞美三洲之溫帶及北部之漂石範圍。阿氏深信冰河之成立，

與地球之成形無涉，但與地面最近地質大變動，及與現在極地冰中所發見巨大哺乳動物之絕滅有關。一八四〇年阿伽西初見英格蘭北部及蘇格蘭愛爾蘭諸地之石堆，及岩石上之擦痕，與大塊圓石時，謂其恰與在瑞士所見者相同，可知冰河之成立，不以不列顛諸島爲限矣。此種與今日在格林蘭（Greenland）所見相同之大冰層，及今稱爲漂石之不成層小石，必爲冰層研磨其下之岩石而來。阿伽西又謂革林格（Glen Roy）之「平行路」（parallel roads）係由橫冰河展延而成之湖所成，故有成層之石塊及各級平度之石牀。

自斯密史以後，地質學者對於地質學中之重大而困難之問題，遂未有能作重要之貢獻者，迨冰河時代說創立，學者猶躊躇久之，始敢承認。

基啓（Sir A. Geikie）於一八六三年著有蘇格蘭冰河堆積之現象（The Phenomena of the Glacial Drift of Scotland）一文。又吉姆基啓（J Geikie）教授於一八四七年著大冰河時代（the Great Ice Age）一書。二氏均以陸地冰爲漂石土（boulder clay）之成立之主要原因。一八五〇年特里麥（Trimmer）建議詳繪地面堆積物之分佈圖，並說明其與土壤

之關係。後吳特（V. Wood）乃開始在東安格利亞地方對於此種堆積物作有系統之調查，且說明其歷史。今德國美國皆依特里麥之意見，以作土壤圖，並將其性質及深度表明。

第七章　古生物學與生物之連續

古生物學者，研究化石植動物之學也。費雪（G. Fischer, 1771—1853）始用此名，著有古生物學書目提要（Bibliographia Palæontologica）一書，一八三四年在莫斯科出版。惟白欒維爾（Blainville）之用此名，亦約與費氏同時。

十九世紀中葉之古生物學家，在法國以陶別泥爲最著名，陶氏於一八四〇年起，有法國古生物學（Paléontologic Française）一書刊行，首六卷記述白堊紀之軟體動物，腕足類，蘚苔蟲類，棘皮類之化石，後三卷述侏羅紀之頭足類及腹足類化石。一八五三年巴黎自然歷史博物院爲陶氏設古生物學教席，而以教授之職相屬。陶氏生前雖未能將白堊侏羅兩紀之化石研究完竣，但其工作業已建樹甚多。法人達賈克（Vicomte D'archiac）初充騎兵者六年，後研究化石及其在地層中之分佈；於一八六四年至一八六五年間，有古生物之地質層序（Paleontologic Stratigraphique）刊行。瑞士人璧克德（F. J. Pictet）於一八四四年至四六年間，有古生物學論

（Traite de Paleontologie）刊行。德人白隆（H. G. Bronn）於一八三四至三七年有地層學（Lethæa Geognostica）刊行，實爲德國地層學之基礎，白氏乃古生物學家之最有地位者。

奧温（Owen, 1804—1872）以研究爬蟲類鳥類及哺乳類之化石著名，乃英國刊行最早之古生物學（Palæontology）之著者。

最近古生物學之偉著，而戚忒爾（K. A. von Zittel, 1839—1904）之古生物學（Handbuch der Palaeontologie）。戚氏爲門興（Munich）大學之地質學與古生物學教授。此書着手於一八七六年完成於一八九三年，共四卷，計費時十七年之久，實爲古生物學中之最稱完備最有價值者。

霍爾於一八三六年加入紐約地質調查所，七年後任紐約自然歷史博物院院長，及州委地質技師。霍氏盡力於地質學者幾六十二年，以研究紐納州古生代化石著名。有著作十三巨帙，記述筆石，腕足類，軟體動物，棘皮類，海百合類等化石。

不列顛古生物學會（Palaeontological Society）創立於一八四七年，以按照地質系統編

輯英國化石爲宗旨；第一卷於一八四八年出版。

學者在世界各處採求之結果，乃使地層之大部分地方，可以相比較相關連。學者以爲各處地層僅爲其海底時期之狀態之代表。據塞治尉克謂，岩石之礦物性質改變，則水中某深度特有之生物亦因之不同。惟有幾種生物則棲息區域廣袤，又與水成環境無甚關係耳。

因此古生物學遂成以地質年代爲對象之科學，而某某幾種有機體之化石，遂確爲時代之代表。然而此種證據非視有機體之性質，有機體遷徙之能力，與夫有機體分布所需之時期爲如何而以整理不可。故表明多少有地方性質之特殊環境，及其物理的變遷之地層系統，以及又可明示地層中所含之有機體之變遷之生物時代之雙分類法或隻命名法，乃爲必要矣。

陶別泥以爲所用之命名，須表示地質史中以次相繼之時期。此種名稱須以最通用者爲根據，且尤宜劃一，如牛津黏土層（Oxford clay），卽爲牛津紀（Oxfordian），倍堯（Bayeux）之下等鮞岩層，卽爲倍堯紀（Bayocian）等是也。凡各地早經成立之岩層，及其所含之化石，應用之爲分期之基礎，如克姆理旗土(Kimeridge clay)中之動物化石，卽爲克姆理旗紀(Kimeridgian)

是。

自斯密史以來，有許多地層表之刊行，就中尤以洛桑（Lausanne）大學地質學及古生物學教授勒乃維爾（Eugene Renevier, 1831—1906）所作者為重要。惟我人欲將全球之地層系統及其所代表之時代排列成表，殊遠不若作有史期中君主統治國家世代相承次序之單簡，此則為我人所不可不知者耳。故我人欲求地層系統之精確不易，非唯不可能，且又為不可希望之事也。

我人已在許多地方將地層作有詳細之研究，則其所含有機體遺蛻之順序遂可確知，因某某有機體遺蛻祇為一定時代所有故也。於是各種地層遂可分為各種古生物帶，每帶含有多種之化石，卽以其中最繁殖之一種為該帶之名稱，而為分帶之標準之化石，多為筆石，三葉蟲，及菊石，餘若箭石，腕足類，海膽類，珊瑚類，植物及椎脊動物，則祇能應用於一小區域。我人有化石及地層之根據，遂可在各處尋求古生物帶至於欲知相距甚遠地方之聯誼，（如西歐與印度，美洲與澳洲是）則我人只有以分布較廣之海洋生物，或類似的及代表的物種為根據，以求其大致的同年性。惟威廉

（H. S. William）教授謂動物乃可他適，復現，及變改者，故我人在分帶時，常不能將此種人爲的界限，作嚴格之規定。

成立於廣大面積內之大地層系統之岩石，有其特殊之礦物性質。格立高里(G. W. Gregory)教授以爲此種現象，乃示我人以地球之主要變遷，乃由普遍全世界的原因所致。因之世界許多地方在同一時期內，均以同樣之特殊的水成層佔優勢，故地文學所定地質同期性之界標，大概乃較古生物學所定者爲精確。

張伯倫（T. C. Chamberlain）教授於一九〇九年時，謂地殼分裂，實爲各處地質有關連之最後根據。地殼分裂一名，乃指地殼之各種變動而言，而地層學與古生物學之發展，則多以不整合層，侵蝕作用，陸地與淡水沉澱物，海洋沉澱物之疊掩，及其他各種現象所示之偉大地動爲推論者也。

至於生物生存於大地之記載，在太古界岩石中，尚未有正式證據。道森（T. W. Dawson）於一八六四年在坎拿大勞倫與岩層（the Laurentian rocks）中，發見一種類似有孔蟲之構

遺之化石，名 Eozoön canadense，惟學者間爭論頗多，今則否認其爲有機體之構造矣。但最古岩石中既含有石墨，墨矽石，石灰石等，似是時已有生物存在之可能矣。

我人在前寒武紀之岩石中，確發見有含化石之證據；瓦爾可脫於一八九九年在孟他那(Montana)及大谷(Grand Canyon)之岩石內，發見闊肢蠍(Eurypterids)腕足類，翼足類，環節動物等之遺蛻。英國之滔立同砂岩(Torridon sandstone)中，有蠕蟲經過之穴痕，故生物發現，必在寒武紀之前，至於能否覓得確無疑義之化石，當然是一問題。下等動物之發現較高等動物爲先，拉馬克即持此說，而在理論上，亦頗可通。我人知有許多下等生物之形態，乃歷久而變化極微者，故現代植動物之繁歧，實較前爲更甚也。

達爾文，赫胥黎，腦馬爾(Neumayr)等，均謂地質紀錄之未臻全備。但生於水中之化石有機體之種類，則較近代已知之種類爲多，惟如昆蟲類能保存爲化石者甚尠。最古昆蟲似爲木蝨(Protocimex)見於瑞典之奧陶紀岩層中，負盤(cockroaches)則在志留紀時已有之，石炭紀層中亦有之。蜻蛉在石炭紀時已有之。

肺魚（Ceratodus）之化石，見於牛津邑三疊紀之最上部。此魚今昆士蘭河中有之。吳特瓦特（Woodward）云此魚之化石，不存於在北美歐洲以及澳洲之侏羅紀以上之地層中，但在巴達哥尼亞（Patagonia）及北非之白堊紀之地層中，則尙有之。

關於腔腸動物之化石，一八九八年瓦爾可脫在阿拉巴麻（Alabama）中寒武紀頁岩中發見水母之印痕。一八二六年勃克蘭在英國侏羅紀層中，獲有箭石化石之標本，其墨囊保存甚佳；尙可用於繪畫。有許多物種在水中或陸上因腐爛作用，或地層中之溶解，或岩石中之變質，而遭摧毀，故其遺跡之獲保存者，不過僅爲一小部分而已。

據地質上之記載所示，無椎脊動物乃先椎脊動物產生，而椎脊動物則按照等級之高下以發現，大致下等者先發見而高等者乃繼之，故其最先發見者，爲類似魚類之無顎類（Agnatha）。但據吳特瓦特云在魚類與無椎脊動物間，尙未發見有何種聯絡。無顎類遺蛻乃發現於美國之奧陶紀層中而眞正魚化石，則發現於志留紀層中。繼無顎類及魚類而發見者，有兩棲類，爬蟲類，鳥類，哺乳類，以至人類。關於兩棲類之化石，道森（J. W. Dawson）於一八五二年在奴瓦斯高西亞

(Nova Scotia) 之含煤層內之鱗木(Sigillaia)枝幹空隙中得 Dendrerpeton。泥盆紀爲魚類之時代，新紅砂岩系爲兩棲類之時代，第二紀（卽中生代）爲爬蟲類之時代，第三紀爲哺乳類與鳥類之時代，第四紀爲人類之時代。

研究植物化石者，初有法人白隆尼阿德德人斯叨坡 (Count Sternberg) 英人林特來 (John Lindley) 郝登 (W. Hutton) 等。時代最早之植物化石，似爲藻類 (algæ)。愛倫坡 (Ehrenberg) 爲最先研究各種地層中之顯微生物之人，一八五四年著有微生物地質學 (Mikrogeologie) 一書，其主要研究之結果，悉見此書。一八三八年，愛氏謂各種滴蟲土 (infusorial earth) 內包括多孔蟲及矽藻，後者卽造成近世之矽藻土者是也。奧陶紀與志留紀層有石松類化石之遺跡，名頂生植物 (Acrogens)，但據西華特教授 (Prof. A. C. Seward) 云，藻類中之 Nematophycus 實爲志留紀植物中之最可信者。

泥盆紀與下石炭紀層含有水生陸生植物，如石松與馬尾草之類，大概卽爲最古之羊齒類；尙有彙具羊齒與蘇鐵之特徵之植物。又有高特木石 (Cordaites) 屬裸子植物，則似與蘇鐵及松柏

二者有關。石岩紀之全紀，實爲頂生植物最盛之時代，最普通者如鱗木，封印木，蘆木等，尤爲含煤層中所最常見。石炭二疊紀以石芝朶（Glossoptetis）爲特著，而與 Gangamopteris 與 Voltzia 及他種松柏科植物同發見。

中生代爲裸子植物最盛之時代，有時亦稱蘇鐵之時代。據西華特云，此際植物之性質，下自三疊紀，以上至白堊紀之始，均無變化。第三紀爲被子植物之時代，惟其中有數種已見於上白堊紀層。但施都柏斯（M. C. Stopes）曾在北歐之下白堊紀層發見之。

惟我人對於化石發見之歷史，僅可就以前未述及而又頗重要之椎脊動物遺蛻，略舉如後。在阿根廷（Argentina）新第三紀與第四紀層中，發見哺乳類化石頗多，其中有大懶獸（Megatherium）與犰狳類之彫齒獸（Glyptodon），後者軀體偉大，全長被有長五呎之甲板，印度西華利克山（Siwalik Hills）有下部新統地層，一八三一年法爾可納（H. Falconer）與考德樓（P. J. Coutley）二氏發見與長頸鹿相近之四角鹿（Sivatherium），長約八呎之巨龜（Colossochelys Atlas）及他種脊椎動物。高屈雷（Albert Gaudry, 1827—1908）任巴黎自然歷史博

物館之古生物學教授者有年，以研究椎脊動物著名，一八五五至六〇年間，在雅典（Athens）東北部採得大犨下部上新統之哺乳化石中，有柱牙象（Mastodon），兕猛獸（Dinotherium），劍齒虎（Machærodus）等。

海軍提督施柏拉脫（T. A. B. Spratt）於一八六〇年在馬爾太（Malta）之洞穴中，發見冰河時代之矮象，矮海馬等之化石。倍特耐爾(H. J. L. Beadnell)與安特魯(C. W. Andrews)在埃及之法幼姆（Fayum）採得上部始新統與下部漸新統之原始等之化石。美國所發現椎脊動物化石之多，亦不下於他處。賚豆（J. Leidy），馬許（Marsh），柯潑（E. D. Cope），奧斯朋(H. F. Osborn)等均有採獲。美國康沙斯(Kansas)，可羅拉多(Colorado)華烏明(Wyoming)猶他（Utah）等州之第三紀白堊紀侏羅紀等地層中，歷年有無數之爬蟲類，鳥類，及哺乳類化石之發現，其中頗有骨骼偉大，狀態特殊之動物。有一種食草之恐龍類，名梁龍(Diplodocus)產於華烏明（Wyoming）之侏羅紀中，體長約八十呎。有一種能飛無齒之爬蟲類，名羽龍（Pteranodon）具雙翅，長二十呎。產於康沙斯之白堊紀中，該處及某某其他產生椎脊動物化石之區域，

均面積廣漠，不宜種植，僅沙漠地之石縫間有野草之生長，且良水之取得亦至不易，故採集化石，艱苦殊甚。此種工作，大部分乃出於斯明坡 (Sternberg) 之手。

一七〇〇年熊書紹（J. J. Schenchzer）在奧寧根（Oeningen）之中新統上部淡水層中所發見一種化石，以爲係人類化石之遺蛻，據屈費兒之研究，謂爲一種爬蟲類，或爲較現在日本生存者猶爲偉大之蠑螈。此標本現存哈來姆（Hoarlem）地方泰來博物院(Teyler Museum)，更名爲熊氏鯢（Cryplobranchus Schenchzeri）。許茂林（Schmerling）於一八三三至三四年間，在里愛巨（Liége）附近之茂斯河（Meuse）谷沿岸之石洞內，採得與穴熊，土狼，象，犀牛等獸骨相混處之人骨。許氏以爲人類與此等獸類同屬一時代，但此等生於暖氣候中之獸類，在是時可否生存，則許氏頗以爲疑。

關於巖穴中有機體化石之研究，勃克蘭在十九世紀之初即已進行。後又有潘格樓（W. Pengelly）等接踵繼起。一九〇三年道金斯教授（W. B. Dawkins）在拔格斯登 (Buxton) 附近，採得柱牙象及他種脊椎動物化石，但在不列顛岩穴中，則無上新統之化石發見。

先史期人類所製之石器，發現頗早，但尙未有知其重要者。一七九七年佛來爾(John Frere)曾將霍克斯泥(Hoxne)地方所發現之舊石器繪圖，並著文在古物學會(Society of Antiquaries)中宣讀，但後來因伊文思爵士(Sir John Evans)述及此事，始有加以注意者，然而英人置之若忘，業已歷六十年之久矣。

一八四九年法人柏忒斯(Boucher de Perthes, 1788—1868)有粗工石器之記述，此種石器，係在阿米安(Amiens)與愛排維爾(Abbeville)之宋姆河(Somme)谷間所採得者。石器所在地，爲未經翻亂之石礫層。柏氏此文祇有赫胥黎注意之。後法爾可納(Falconer)往晤柏忒斯。並參觀其收藏而樂之；乃勸普勒斯特尉赤(Sir John Prestwich)往該處作實地之考察。翌年四月普氏赴愛排維爾，知此等石器，果爲先史期人類之遺物，且與已經絕滅之椎脊動物一同發現。

以後學者在各地河谷地方之礫石層內搜集動物化石及人類之石器，頗爲努力，並知人類在地球上之發生，已較聖經中所稱者久遠多矣。惟以言時代，則不能以年數計算，祇可視爲有一種相

對的時期，而以山谷之侵蝕，石層之堆積，地文之變遷，動植物之殊異，以推定之，按已有之證據而論，在冰河初期，已確有人類，在上新統時或亦有之。

第八章　岩石學及構造地質學之興起

岩石學爲地質學之一部分，其研究之發展，乃使地質學得有最後的最大的進步。德人懷納對於地質學及礦物學均有莫大之貢獻，業已如第二章所述矣。學者對於岩石學之興趣，不能謂非懷氏所引起。懷氏逝世後甚久，學者仍努力不輒，尤以在德國爲然。因鑒察方法大加改良，及化學分析較前盛行，而岩石之最後成分，遂愈加明晰，愈易分類。惟我人對於岩石內部結構之知識，仍不甚完備，在晶粒較粗之岩石，其礦物之成分尙可立卽辨識，在結晶微細者，除備助於凸鏡及化學分析所推斷者外，其礦物之性質及結合，仍不能有所知。故岩石學之研究縱未遭停頓，然其進步則極遲滯。學者對於古生物學及地層學雖頗努力，但對於岩石學，則幾罕有注意者。惟我人欲知岩石學之進步史，則不能不述及聶部爾（W. Nicol）其人。聶氏爲蘇格蘭人，發明用方解石製三稜鏡，以偏光之法，研究礦物之光學性。此物爲後來所用顯微鏡中不可缺少之要件。聶氏又發明磨製薄片之法。因此礦物岩石皆可在顯微鏡下研究之矣。聶氏初以木化石切成薄片，磨光後以樹膠黏於玻璃片

上，復將另一面磨光至相當透明程度，庶可豫知構物之微細構造。聶氏製有許多化石及木之薄片。微德漢（H. Witham）曾將其中之多數薄片作有記述，而於一八三一年出版之植物化石之觀察（Observations on Fossil Vegetables）一文中發表，而聶氏製薄片之法，亦可於此文中見之。故地質學者欲知岩石及礦物之構造，自有此種發明可資利用，詎意竟無人過問者，幾二十餘年。聶氏逝世後，所有器具及薄片，乃入於白雷森（Alexander Bryson）之手。白氏深喜聶氏之方法，故將薄片增加頗多，白氏又製成許多礦物及岩石之薄片，而使之表示罅隙中所蘊藏之液質。惟白呂斯德（Sir P. Brewster）及聶部爾對於此點，亦早已作有敍述矣。

後蘇倍（H. C. Sorby）見白雷森之收藏中有罅隙中蘊藏有液質之薄片而大悅，並謂如能繼續研究，必能引起重要結論，遂練習磨製薄片之法，因見雲母片石之薄片之新奇，乃益加研究，數年後乃著成耑報，名晶體之顯微結構（On The Microscopic Structure of Crystals）而爲地質學開一新紀元。

於是岩石之微細結構，成分，及成因，皆能用顯微鏡發見之。火山熔岩所具之特性，與夫花崗岩

等之岩漿，在地殼內部凝固之狀態，亦悉以明瞭。祇因方法過於單簡，而結果又極重要，以致學者未能立卽深信。蘇氏云，僅在野外好作大塊岩石之觀察之地質學家，將謂余所記述爲不可信，或謂所見微細，不足注意也。設生理學者亦以顯微鏡下之所見爲微細爲不足道，則生理學將如何發達；地質學者已有此等顯著之資料，猶敢謂祇有粗陋不完備之方法可應用乎？如有反對者，余必起而抗辯，余敢謂物之大小，與事實之價値，並無一定之關係，而余所記述者，爲物雖小，但由此等事實而得之結論則甚大也。

戚克爾（Zirkel）教授對於蘇倍所用之方法極表同情，但遲至一八六三年始在維也納之科學會中，提及此種研究之方法，距蘇倍發表大著之日，已五年矣。戚克爾自此以後，熱心研究岩石，有著作甚多，對於岩石學之進步，有莫大貢獻，而德人魯任布虛（Rosenbusch）與法人傅基（Fouque）賚維（Michal Levy）等所採用之光學研究法，亦極精確，故可使岩石學駸駸與古生物學爭勝矣。觀乎十九世紀後半期以來，岩石學著作之宏富，可知自有偏光顯微鏡後，地質學界實起一重大變化。此種進步實爲聶郘爾與蘇倍二氏所促成也。

一八九一年那威學者福格德（J. H. L. Vogt）研究火成岩之岩漿中鐵礦之聚集及其因種種作用以在岩石間之分布，使我人對於鐵礦成因及岩漿固結時礦物結晶之程序之知識大有進步。一八八五年裘施（E. Suess）名大塊侵入岩爲「岩基」(Batholith)，裘氏初謂大塊侵入岩乃地殼變動時岩漿充滿空隙所成，至一九〇九年時，則謂乃岩漿將圍岩融化吸收而成。美人吉爾勃(G. K. Gilbert)於一八七八年時，名侵入各種地層之晶片火成岩爲岩盤(Laccolith)，謂其有爲地動作用而昇起者，有爲盤據空隙而生成者。哈格爾（A. Harker）謂深處地下之火成岩，在地殼構造上作用之重要，殊較傾於地面之熔岩爲尤甚。

蒲內（T. G. Bonney）謂地殼基石（foundation stones）由極變質之火山岩，深造岩，水成岩，片麻岩，雲母片岩，角閃片岩，石英片岩，大理岩，白雲岩及其他多少結晶之岩石所組成。但賚維則以爲此等岩石均不得視爲眞正原始岩，阜伯斯（George Forbe）謂地質史可謂乃成於太古界，再古則無由究詰矣。結晶片狀或剝理之岩石之成因，曾久經學者之討論，但直至後來乃斷爲區域變質及接觸變質時之地動作用，與火成岩之侵入岩合力造成；塊狀岩石在地殼有變動，捲褶，

及有差異運動時，遂因機械作用與化學作用而有變象，及再度結晶。一八三五年寒治尉克謂板岩中之劈開面乃因性質均勻之頁岩經過大壓力之結果，而與構造之成層作用無關。露伸（K. A. Lossen, 1841—1893）爲討論動力變植作用之新見解之先進。

討論山脈一般構造之文字，以愛里特蒲孟之著作發表最先，而又重要。愛氏之著作出版於一八二九年，後修改多次，至一八五二年，而山系總論（Notices sur les Systeme de Montagnes）一書告成。書中敍述歐洲山脈之普通方向，及地動時期，並斷定若干山脈乃條然隆起，如爲同時代，乃依平行方向而行。愛氏謂阿爾卑斯山在第三紀時，昇起數千呎，而庇里尼斯山經過數次之隆起。地質史期內有幾次長期休靜之時代，及幾次短期劇烈變動之時代。每逢上昇時，有機體亦隨之變遷。

一八三七年赫雪爾（Sir John Hershel）謂岩石在廣大面積上堆積甚深，亦可發生地殼下降運動；此種見解，頗引起學者之注意，以爲剝削作用亦可以發生上昇運動也。

一八四二年羅傑士弟兄（W. B. and H. D. Rogers）首先記述美國東部阿帕拉契安

(Appalachians) 山脈之大褶曲及斷層，因此可知古代地層能覆於新朝地層之上而成掀測斷層。

研究阿爾卑斯山之構造者，實名家輩出。日內瓦大學地質教授法佛爾 (Alphones Favre, 1815—1893) 乃爲其中之一人，瑞士漢姆教授 (Albert Heim) 研究阿爾卑斯構造之摺疊逆斷層，及扇形排列，極爲詳盡，著有山脈成形之機械作用 (Mechanismus der Gebirgsbildung) 一書。

第九章　結言及中國地質學研究之經過

讀本書以上各章所述，可知有二顯著之事實，頗値我人之注意：一、地質學家不必以地質學爲原有職業，斯退諾，郭塔特，非虛賽爾均爲醫生，密昔爾爲牧師，毛卻生爲退職之軍人，白隆尼阿德始爲瓷窰中之監工，斯密史爲百忙中偸閒治地質學之工程師，他如郝登，霍爾，索緒耳，布虛，來伊爾，達爾文等均富有資產，但以懶惰生活爲恥，故耗其金錢以作地史之研究。柏勒弗亞，屈費兒均爲他種科學之教授，而在不知不覺中爲地質學問題所吸引。眞正純粹之地質學家，祇有懷納，塞治尉克露根數人。本書所舉，僅屬少數之著名地質學家，以與全數地質學界之人物爲比例，而能稱純粹之專家者，當然更屬少數。可知地質學之基礎，不論何人，多作有貢獻也。往者如此，來者亦何莫不然。祇須確有志趣，努力將事，則改造舊業，創立新基，均無不可。此種奢望，縱令不易達到，祇能忠實奉行，何患無成。

二、地質學知識之成熟，須經悠久之時期。自經屈費兒，白隆尼阿德，斯密史諸氏詳細研究後，經

過多年，而地質層序之概念，乃以產生；如今日所應用之第二期，第三期地層之細分層次，均係經過若干年後所能排定。自地層學之原理成立後，越二十餘年始獲應用於過渡層。玄武岩成因一問題爭論不息，費時頗久。火山作用爲地球動力之一，歷久始經承認。特馬來斯，索緒耳，郝登諸氏在十八世紀時，已對於地形學有所論述，但其工作，遲至十九世紀之末，始有人加以注意，重爲整理。至於岩石內部結構之研究，情形亦復如此；聶部爾發明偏光鏡後，二十五年後始經蘇倍喚起地質學家注意，又五年後，德國方用之，遲之又久，全球各處乃用之。由是可知真實之生機，固可永久不滅，但其長大需時，不因播種甚早，即有收穫也。惟前人之工作，乃後人所時宜注意，因學問本繼續進展而無止境，前人所作之貢獻，僅爲後人向前更進之蹴石故也。

再本書所述，以二十世紀之初爲止，在此期內，我國尚無地質學史之可言。蓋嚴格言之，國內大學自有地質學教育，爲時至短，中國既爲科學研究落伍之國家，今欲直追繼起，總須經過下列之時期：一、留學外國，將其心得授諸本國學子，或遙聘外國著名學者爲本國大學教授；二、設立完備之研究機關。現代科學進步，研究所需之參考圖書，實驗儀器，非個人能力所能置備，須有公共機關爲之

協助民國二十年以來，內爭不息，政無常軌，創立研究機關，籌備經費，尤貴政治手腕，至於學識優長，能力充實，則反視爲第二要素；故在此種情形之下，而欲人才之能養成，及研究之有成績，當然不甚易易，政府及社會承認此種研究爲必要，而大學校中之教授，不獨以教務爲職志且有餘力專心研究。誠能如是，則現代外國地質學界所處之形勢何以異焉。但我國地質學之教育及研究，雖有二十年之歷史，而其所經歷之過程，則猶在第二期。第三期之情狀，祇略見萌芽而已。至於在此短時期所得之成績，在品質方面及數量方面，均稱圓滿，此則尙差強人意耳，惟我國青年總以缺乏大師之指導，因之其進步遂往往不若外國青年之速且易，故今後之需要，尤其在眞正學術領袖之培養也。

參考書目

1. D'Archiac: Histoire des Progrés de la Geologie de 1834–59, Paris, 1847–60.
2. Bonney, Professor T. G.: Charles Lyell and Modern Geology, London, 1901.
3. Clark, J. W. and T. Mck. Hughes: Life of the Rey, A. Sedgwick, 2 vols. Cambridge, 1890.
4. Clodd, E.: Story of Creation, London, 1906.
5. Conybeare, Rev. W. D.: Report on the Progress of Geological Science (British Association for 1832).
6. Fitton, W. H.: Notes on the Progress of Geology in England (Edin. Phil. Mag.) 1833.
7. Geikie, Sir A.: The Founders of Geology, London, 1905.

8. Geikie, Sir A.: Life of Sir R. I. Murchison, two vols. London, 1875.........
Founders of Geology, London, 1905.

9. Gordon Mrs.: Life of Buckland, London, 1894.

10. Groth, P.: Entwicklungsgeschichte der mineralogischen Wissenschaften, Berlin, 1926.

11. Hutchinson, R. V. H. N.: Extinct Monts and Creaturs of Other Days, London, 1910.

12. Kerferstein, C.: Geschichte und Litteratur der Geognosie, Halle, 1840.

13. Kabell, F. von.: Geschichte der Mineralogie von 1650-1860, Munich, 1864.

14. Lyell, Mrs.: Life of Sir C. Lyell, two vols., London, 1881.

15. Margerie, E. de: Catalogue des Bibliographie geologiques, Paris, 1896.

16. Merril, G. P.: The First Hundred Years of American Geology, Yale University

Press, 1924.

17. Phillips, J.: Memoirs of Wm Smith, London, 1844.

18. Pamsay, A. C.: Passages in the History of Geology, London, 1849.

19. Rudler, F. W.: Fifty Years' Progress in British Geology (Proc. Geol. Assoc., x, 1888); and Experimental Geology (Ibid, xi, 1889).

20. Schvacz J.: The Failure of Geological Attempts made by the Greeks, London, 1868.

21. Sternberg, C. H.: Life of a Fossil Hunter, London. 1909.

22. Topley, W.: The National Geological Surveys of Europe (British Assoc.) 1885.

23. Whewell, Rev. W.: Report on the Progress of Mineralogy (Brit. Assoc. for 1832); and History of the Inductive Sciences, London, 1857.

24. Woodward, Dr. A. Smith: Outlines of Vertebrate Paleontology, Cambridge, 1898.

25. Woodward, H. B.: History of the Geological Society of London, London, 1907

26. Woodward, H. A.: History of Geology

27. Zittel, K. A. von: Geschichte des Geologie und Palaontologie, Munich, 1899
(English ed. by Ogilvie-Gordon, London, 1901).